

Bibliotheek
Proefstation
Naaldwijk

A
4
K
73

roject 7401:

Ontwikkeling en toetsing van gesloten bedrijfssystemen
in de glastuinbouw,

proefnr. 22:

SUBSTRAATBEDDEN ONTSMETTEN M.B.V. STOOM

Onderzoek naar verschillende factoren

in het stoomproces van teeltmedia

in de glastuinbouw

BIJLAGENBUNDEL

BIBLIOTHEEK
PROEFSTATION VOOR TUINBOUW
ONDER GLAS TE NAALDWIJK

2243402

A
4
K
73

Inhoudsopgave bijlagen

Bijlage 1	Bespreking proef 1
Bijlage 2	Bespreking proef 2
Bijlage 3	Bespreking proef 3
Bijlage 4	Bespreking proef 4
Bijlage 5	Bespreking proef 5
Bijlage 6	Bespreking proef 6
Bijlage 7	Bespreking proef 7
Bijlage 8	Bespreking proef 8
Bijlage 9	Bespreking proef 9
Bijlage 10	Bespreking proef 10
Bijlage 11	Hulpmiddelen
Bijlage 12	Tekening richtrek voor drains
Bijlage 13	Tekening spuitstuk
Bijlage 14	Tekening plattegrond van de kas (211.7)
Bijlage 15	Tekening v.d. inrichting v.d. bedden
Bijlage 16	Tekening meetpuntverdeling
Bijlage 17	Tekening vernieuwde meetpuntverdeling
Bijlage 18	Grafieken temperatuurverloop per proef
Bijlage 19	Puntentoekenning
Bijlage 20	Bepaling soortelijke warmte kleikorrels

Bijlage 1 Bespreking proef 1

Opmerkingen bij stoomproef 1

Bij deze proef is gestoomd volgens **proefnummer 1** (zie pag. 5). Als er ± 30 minuten is gestoomd, ontstaan er problemen met de condenswaterafvoer via de verzamelpijp. Dit is als eerste waar te nemen uit de temperaturen, welke door de dataloggers worden weergegeven. Deze lopen plaatselijk minder snel op als op andere plaatsen. Het komt zelfs voor dat meetpunten, die de vereiste $95\text{ }^{\circ}\text{C}$ al bereikt hadden, gaan teruglopen naar 60 tot $70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Het valt op dat dit vooral gebeurt met meetpunten die op de bodem en achterin het bed geplaatst zijn.

Aan de hand van deze waarnemingen ontstaat de gedachte dat er zich onder in het bed te veel gecondenseerde stoom verzameld. Dit klopt, want de verzamelpijp staat vol condenswater. De stoom is niet, zoals de bedoeling was, door het bed en door de verzamelpijp gezogen en zo door de ventilator afgezogen.

Om de pijp te kunnen aftappen, zijn bij andere bedden kranen weggenomen. Maar op deze manier kan slechts de halve pijp gelegeerd worden, omdat deze kranen horizontaal op de pijp zijn geplaatst.

Het blijkt op dat moment dus niet mogelijk om al de gecondenseerde stoom uit het bed af te voeren. Daarop wordt besloten om proef 1 af te breken. Mocht er na de serie geplande proeven tijd over blijven, zal deze proef worden overgedaan.

Logboek van stoomproef 1:

00:00 Ventilator aan.
Dataloggers aan.
Stoomkraan open.
00:40 Stoomkraan dicht.
00:44 Ventilator uit.

Meetresultaten stoomproef 1

Hieronder volgt een samenvatting van de temperatuurmetingen:

Meetrij 1

Overall + $95\text{ }^{\circ}\text{C}$ in 10 minuten.

Meetrij 2

Overall + 95 °C in 14 minuten, m.u.v. de meetpunten:

- * 3 (max. 86,0 °C na 0:34) * 101 (na 0:18 boven 95°C)
- * 5 (max. 90,8 °C na 0:20)
- * 7 (max. 87,6 °C na 0:36)

Meetpunten met langzaam opkomende temperatuur:

- * 3,5 en 7

Punt 1 is na 0:12 boven 95°C, maar zakt na 0:20 weg tot ver hieronder.

De temperaturen van de meetpunten 104 en 107 zakken na 0:14 weg en komen niet meer terug omhoog.

Meetrij 3

Overall + 95 °C in 20 minuten, m.u.v. de meetpunten:

- * 1 (max. 78,7 °C na 0:20)
- * 3 (max. 70,9 °C na 0:36)
- * 5 (max. 78,3 °C na 0:30)
- * 7 (max. 79,5 °C na 0:36)

Meetpunten met langzaam opkomende temperatuur: 1,3,5 en 7

Meetpunten 2,4,104 en 105 zakken na 0:18 terug in temperatuur.

Meetrij 4

Overall + 95 °C in 20 minuten, m.u.v. de meetpunten:

- * 127 (max. 82,4 °C na 0:36)
- * 128 (max. 80,6 °C na 0:22)
- * 130 (max. 70,7 °C na 0:54)
- * 131 (max. 80,2 °C na 0:36)
- * 132 (na 0:28 boven 95°C)

Meetpunten met langzaam opkomende temperatuur:

- * 127 en 131

Meetpunten met inzinking:

- | | |
|----------------|-----------------|
| * 26 (na 0:24) | * 126 (na 0:20) |
| * 27 (na 0:24) | * 128 (na 0:22) |
| * 28 (na 0:20) | * 129 (na 0:30) |
| * 29 (na 0:30) | * 130 (na 0:20) |

- * 30 (na 0:20)
- * 31 (na 0:20)
- * 32 (na 0:20)

Opmerkingen en mogelijke verklaringen m.b.t. de metingen:

In meetrij 2 zien we dat enkele punten, voornamelijk naast de zuigdrains en op de bodem van het bed wat problemen opleveren. Dit houdt waarschijnlijk in dat de stoom niet horizontaal van de stoomdrain naar de zuigdrain wordt gezogen, maar eerst naar boven gaat, daar het stoomzeil doet bollen en daarna door de zuigdrains in het substraat wordt gezogen.

Enkele punten hebben een inzinking van de temperatuur. Het is opvallend dat het hier vooral om meetpunten op de bodem van het bed gaat. De oorzaak hiervan is waarschijnlijk het probleem met de condenswater afvoer, waarvan tijdens deze proef sprake was.

Dit condenswater, soms afgekoeld tot $\pm 70^{\circ}\text{C}$, verzamelt zich op de bodem, waar het plasjes vormt. Er is heel veel energie, en dus stoom, nodig om de temperatuur van dit condenswater weer boven de 95°C te krijgen. Dit kost waarschijnlijk meer tijd omdat het warmtewisselend oppervlak veel kleiner wordt en geleiding dus belangrijker wordt. Dit houdt in dat de af te leggen weg langer wordt, wat meer tijd en dus stoom kost.

In meetrij 3 treden vooral problemen op met de opwarmsnelheid van de punten, welke op de bodem, naast de zuigdrains liggen. Ook zijn er enkele punten met een teruglopende temperatuur, waarschijnlijk t.g.v. de slechte waterafvoer.

Het is opmerkelijk dat hierdoor vooral de meetpunten in het bed met de vlakke bodem worden getroffen.

In meetrij 4 hebben bijna alle temperaturen een terugloop van temperatuur. Dit komt waarschijnlijk doordat na ongeveer 20 minuten stomen de verzamelpijp vol condenswater stond en er condenswater in de drains, waarin deze meetpunten zijn geplaatst, blijft staan. Hierdoor kan wel warmte door geleiding worden afgevoerd, maar geen warmte door condenserende stoom toegevoerd worden.

Het valt op dat er voorin het bed weinig problemen zijn, waarschijnlijk doordat daar constant nieuwe stoom en daarmee dus veel energie wordt aangevoerd.

Bijlage 2 Bespreking proef 2

Opmerkingen bij stoomproef 2

Bij deze proef is gestoomd volgens **proefnummer 2** (zie pag. 5). Bij aanvang van de stoomproef is het proefbed nog vrij vochtig als gevolg van de eerder verrichtte stoomproef. Onderin het vlakke bed komen plaatselijk nog kleine plasjes condenswater voor.

Logboek van stoomproef 2:

00:00 Ventilator aan.
Dataloggers aan.
Stoomkraan gedeeltelijk open.
00:07 Stoomkraan stukje verder open.
00:14 Stoomkraan nog een stukje verder open.
00:18 Stoomkraan stuk dichtgedraaid ten gevolge van de hoge druk die zich onder het stoomzeil ging opbouwen.
Vanaf dit moment wordt er constant met de kraan gespeeld, met als doel het zeil net strak te houden, zodat er een minimum aan condenswater ontstaat.
00:37 Brander van de ketel uit.
00:57 Stoomkraan dichtgedraaid en ventilator afgezet.

Meetresultaten stoomproef 2

Hieronder volgt een samenvatting van de temperatuurmetingen:

Meetrij 1

Overall + 95 °C in 10 minuten, m.u.v. de meetpunten:

- * 103 (na 0:14 boven 95°C)
- * 105 (na 0:12 boven 95°C)

Meetpunt 5 kent een kleine terugslag in temperatuur na ongeveer 10 minuten.

Meetrij 2

Overall + 95 °C in 14 minuten, m.u.v. de meetpunten:

- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| * 1 (na 0:50 boven 95°C) | * 101 (na 0:18 boven 95°C) |
| * 3 (max. 91,2 °C na 0:56) | * 103 (na 0:22 boven 95°C) |
| * 5 (max. 92,9 °C na 0:56) | * 104 (na 0:28 boven 95°C) |

- * 7 (max. 92,2 °C na 0:56)

Meetpunten met langzaam opkomende temperatuur:

- * 1,3,5 en 7.

Meetrij 3

Overall + 95 °C in 20 minuten, m.u.v. de meetpunten:

- * 1 (max. 81,8 °C na 0:56)
- * 3 (max. 84,5 °C na 0:56)
- * 5 (max. 88,1 °C na 0:56)
- * 7 (max. 89,3 °C na 0:56)

Meetpunten met langzaam opkomende temperatuur:

- * 1,3,5 en 7.

Meetrij 4

Overall + 95 °C in 30 minuten, m.u.v. de meetpunten:

- | | |
|-----------------------------|------------------------------|
| * 26 (na 0:38 boven 95°C) | * 126 (max. 86,1 °C na 0:56) |
| * 27 (max. 94,6 °C na 0:56) | * 127 (max. 80,5 °C na 0:58) |
| * 28 (max. 78,3 °C na 0:52) | * 128 (max. 82,6 °C na 1:00) |
| * 30 (max. 80,2 °C na 1:04) | * 130 (max. 83,1 °C na 0:56) |
| * 31 (max. 77,9 °C na 0:54) | * 131 (max. 79,7 °C na 0:56) |

Langzaam opkomende meetpunten:

- * 28,30,31,126,127,128,130 en 131

Opmerkingen en mogelijke verklaringen m.b.t. de metingen:

In meetrij 1 hebben enkele punten meer tijd nodig om op temperatuur te komen. Twee opvallende punten zijn hier de punten, welke aan beide kanten van de middelste drain in het bed met de V-vormige bodem liggen. Hiermee wordt het vermoeden versterkt dat er sprake is van een verticaal i.p.v. een horizontaal stoomtransport.

In meetrij 2 stijgen de temperaturen van de punten op de bodem, naast de zuigdrains erg langzaam. Dit t.g.v. een waarschijnlijke verticale stroming van de stoom door het bed. De stoom gaat uit de stoomdrains omhoog, verzamelt zich onder het stoomzeil en wordt daarna door de afzuigdrains naar beneden gezogen. Zo duurt het lang totdat deze meetpunten de gewenste temperatuur bereiken, omdat ze niet in een stoomstroming

liggen.

Het is opvallend hoe lang het duurt voordat de meetpunten achter in de drains (meetrij 4) op temperatuur zijn. Dit betekent dat de stoom niet direct door de drain naar achteren kan gaan, druk opbouwt en dan de drain verlaat door de perforaties, maar dat de stoom gemakkelijker door de perforaties de drain verlaat dan dat de stoom zich in de lengte van de drain verplaatst. De oorzaak hiervan is waarschijnlijk de verhouding tussen de uittredeweerstand en de stromingsweerstand die de stoom in de lengte van de drainbuis ondervindt. Deze kan misschien verlaagd worden door de diameter van de drain te vergroten, het aantal openingen in de wand te verkleinen en/of de binnenzijde van de buis glad te maken.

Een andere oorzaak hiervan kan het probleem van de condenswaterafvoer zijn, wat tijdens de proef is opgetreden. Hierdoor kwamen de drains vol water te staan. Om deze plaatsen op te warmen is veel energie nodig (zie proef 1).

Een tweede proces dat mogelijk een rol speelt is de afname van stoomvolume door opwarming van de drainbuis en de lucht die daarin zit. Hierdoor zal er een front van condensatiewater in de buis langzaam naar achteren verschuiven.

Bijlage 3 Bespreking proef 3

Opmerkingen bij stoomproef 3A

Bij deze proef is gestoomd volgens **proefnummer 4** (zie pag. 5). Aan de hand van adviezen uit de ontsmettingsbranche wordt besloten om met een hogere stoomdruk te beginnen. Direct nadat de stoomkraan iets verder geopend is dan tijdens de vorige proeven, krullen de stoomdrains echter op, komen uit het substraat en worden stuk geblazen door de grote stroomsnelheid van de stoom. Dit alles is er waarschijnlijk een gevolg van dat de drains niet een beetje op spanning waren gelegd en daardoor gemakkelijk gingen uitzetten t.g.v. de plotselinge temperatuurverhoging. De drains konden maar één kant op en dat was naar boven.

Logboek van stoomproef 3A:

00:00 Ventilator aan.
Dataloggers aan.
Stoomkraan open.
00:01 Eerste meter van de stoomdrains wordt uit de grond geblazen en kapot geblazen.
Hierop wordt de proef afgebroken.

Opmerkingen bij stoomproef 3B

Er wordt hier gestoomd volgens **proefnummer 4** (zie pag. 5). Er wordt niet door de 2 buitenste drains van het bed gestoomd, maar door de drains die hiernaast liggen. Dit als gevolg van de schade, die bij de hierboven genoemde proef is opgetreden. Deze proef is dus eigenlijk niet gepland.

Logboek van stoomproef 3B:

00:00 Ventilator aan.
Dataloggers aan.
Stoomkraan open.
00:10 Ventilator gaat damp blazen.
00:22 De overige drains in het bed met rechte bodem worden geopend en als afzuigdrain gebruikt.
Het stoomzeil wordt ondertussen strak gehouden. Dit regelen we m.b.v. de stoomkraan op de ketel.

00:51 De overige drains van het bed met de schuine bodem worden ook ingeschakeld als afzuigdrain.

01:02 Stoomkraan dicht en ventilator uit.

Meetresultaten stoomproef 3

Hieronder volgt een samenvatting van de temperatuurmetingen:

Meetrij 1

Overall + 95 °C in 12 minuten, m.u.v. het meetpunt:

* 1 (na 0:16 boven 95°C)

Meetpunt 1 gaat na 0:20 iets in temperatuur zakken, maar komt na 0:38 weer terug boven de 95 °C.

Meetrij 2

Overall + 95 °C in 16 minuten, m.u.v. de meetpunten:

* 3 (max. 87,6 °C na 1:06) * 103 (max. 94,6 °C na 1:06)

* 5 (max. 88,9 °C na 1:06) * 104 (na 0:50 boven 95°C)

* 105 (max. 91,5 °C na 1:08)

Meetpunten met langzaam opkomende temperatuur:

* 3,5,103,104 en 105.

De meetpunten 1 en 7 lopen na ± 18 minuten terug, maar komen na 40 minuten weer boven 95 °C.

Meetrij 3

Overall + 95 °C in 22 minuten, m.u.v. de meetpunten:

* 1 (na 0:48 boven 95°C)

* 3 (na 0:30 boven 95°C)

De temperatuur van meetpunt 1 loopt na 0:18 terug, maar komt weer na 0:46 weer op de gewenste temperatuur.

Meetrij 4

Overall + 95 °C in 22 minuten, m.u.v. het meetpunt:

* 32 (na 28 minuten 95°C)

De temperatuur van meetpunt 32 zakt na 0:28, maar komt weer

terug boven 95°C na 0:38.

Opmerkingen en mogelijke verklaringen m.b.t. de metingen:

De langzaam opkomende temperaturen van de meetpunten op de bodem in meetrij 2 en meetrij 3 wijzen ook in deze proef op de aanwezigheid van een verticaal, i.p.v. een horizontaal stoomtransport.

In alle meetrijen is op enkele plaatsen nog een kleine temperatuurdaling waar te nemen, t.g.v. een nog niet optimale condenswaterafvoer.

Opvallend is dat er op meetrij 3 en 4 minder problemen zijn met temperaturen dan in meetrij 2. Dit is waarschijnlijk een gevolg van de onderdruk, welke achterin het bed groter is, doordat de ventilator aan de achterkant van het bed staat. Ook hier blijkt weer dat de onderkant van het bed achterin gemakkelijker wordt opgewarmd dan dezelfde punten in het midden van het bed. Dit kan een gevolg zijn van de grotere onderdruk achterin het bed. Dit zou erop kunnen wijzen dat in het vervolg de druk over de gehele lengte van de drain ongeveer even groot gehouden moet worden. Dit kan misschien gerealiseerd worden m.b.v. drains met grotere diameter of een minder geribbelde binnenkant (voor een betere doorstroming in de drain).

Bijlage 4 Bespreking proef 4

Opmerkingen bij stoomproef 4

Bij deze proef is gestoomd volgens **proefnummer 3** (zie pag. 5).

Logboek van stoomproef 4:

00:00 Ventilator aan.
Dataloggers aan.
Stoomkraan open.
Het condenswater wat voorop komt door de stoompijp, wordt vlak voor het bed afgetapt uit de stoompijp. Dit condenswater is de eerste stoom die door de koude pijp is gegaan en daarin is gecondenseerd.
Het gaat hier om ± 20 liter condenswater.

00:03 Stoomkraan verder open.

00:06 Stoomkraan verder open.

00:13 Kraan verder open (totaal 180 graden open).

00:16 Ventilator begint stoom te blazen.

00:18 Stoomkraan 90 graden dicht gedraaid, omdat het stoomzeil wat te strak kwam te staan.

00:32 Omdat de ventilator lucht trekt door het geboorde gat waardoor het condenswater uit de verzamelpijp moet ontsnappen, stroomt er geen condenswater uit de verzamelpijp.
Hierop worden wat kranen van een ander bed verwijderd, zodat hierdoor valse lucht wordt getrokken en het condenswater door het geboorde gat uit de verzamelpijp kan stromen.

00:44 Brander uit.

00:50 Kranen voor valse lucht worden weer gesloten.

00:54 Vanaf hier geen metingen van de dataloggers meer, omdat de stoppen zijn doorgeslagen.

01:00 Stoomkraan dicht.

Meetresultaten stoomproef 4

Hieronder volgt een samenvatting van de temperatuurmetingen:

Meetrij 1

Overal + 95 °C in 10 minuten, m.u.v. de meetpunten:

* 1 (max. 87,7 °C na 0:46)

- * 3 (max. 91,9 °C na 0:48)
- * 5 (max. 93,7 °C na 0:48)
- * 7 (max. 93,7 °C na 0:54)

Meetpunten met langzaam opkomende temperatuur:

- * 1,3,5 en 7.

Meetrij 2

Overal + 95 °C na 22 minuten, m.u.v. de meetpunten:

- | | |
|----------------------------|------------------------------|
| * 1 (max. 90,6 °C na 0:20) | * 103 (na 0:46 boven 95°C) |
| * 3 (max. 85,7 °C na 0:54) | * 104 (na 0:44 boven 95°C) |
| * 5 (max. 86,2 °C na 0:54) | * 105 (max. 93,1 °C na 0:54) |
| * 7 (max. 89,3 °C na 0:54) | |

Meetpunten met langzaam opkomende temperatuur:

- * 3,5,103,104,105 en 107.

De meetpunten 1 en 7 kennen een kleine terugslag na respectievelijk 20 en 22 minuten.

Meetrij 3

Overal + 95 °C na 22 minuten, m.u.v. de meetpunten:

- * 3 (max. 86,7 °C na 0:54)
- * 7 (max. 93,7 °C na 0:52)

Meetpunten met langzaam opkomende temperatuur:

- * 7

De meetpunten 1 en 3 kennen een kleine terugslag na respectievelijk 16 en 32 minuten.

Meetrij 4

Overal + 95 °C na 22 minuten, m.u.v. de meetpunten:

- | | |
|-----------------------------|----------------------------|
| * 32 (max. 89,0 °C na 0:54) | * 129 (na 0:24 boven 95°C) |
|-----------------------------|----------------------------|

Meetpunt 32 kent na 0:28 een kleine inzinking, maar herstelt hier weer van.

Meetpunt 130 kent een kleine inzinking na 0:34.

Meetpunt 28 kent na 0:20 een kleine inzinking, maar herstelt zich eveneens weer.

Opmerkingen en mogelijke verklaringen m.b.t. de metingen:

In meetrij 1 hebben de bodempunten lange tijd nodig om op de gewenste temperatuur te komen. Dit heeft verschillende oorzaken. Een oorzaak kan de lagere onderdruk zijn, welke hier wordt opgebouwd, vanwege de grote afstand naar de ventilator. De belangrijkste oorzaak zal waarschijnlijk de lage druk zijn, waarmee wordt gestoomd. Deze druk is zo laag, t.g.v. de problemen met een hogere stoomdruk bij de vorige stoomproef (daar werden de stoomdrains kapot geblazen en zelfs uit het substraat geblazen). Door deze lage druk wordt maar weinig stoom en dus maar weinig energie aangevoerd, waardoor het opwarmen lang kan gaan duren. Hierdoor blijkt dat er, wil men zo snel mogelijk op temperatuur komen, in korte tijd zoveel mogelijk stoom moet worden aangevoerd. Maar dan zal er wel naar een drain gezocht moeten worden die dat wel aankan.

Ook in meetrij 2 hebben de bodempunten in het vlakke bed weer het meest moeite met het bereiken van de 95°C. Ook de punten bovenop en aan weerszijden van de verzonken drain in het bed met de V-vormige bodem hebben wat moeite.

Tevens is er een kleine overlast van condenswater op de bodem waar te nemen in het vlakke bed aan de hand van achterblijvende en/of teruglopende temperaturen. In meetrij 3 en 4 blijven enkele bodempunten in het vlakke bed iets achter.

Al deze onregelmatigheden zijn waarschijnlijk een samenloop van een niet helemaal optimale condenswaterafvoer en een te kort aan stoomaanvoer. Dit geeft toch te denken dat er de volgende keer met een hogere druk gestoomd moet worden. De vraag is alleen: waar ligt de grens tot hoe hoog de druk opgevoerd kan worden i.v.m. de sterkte van de stoomdrains?

Bijlage 5 Bespreking proef 5

Opmerkingen bij stoomproef 5

Bij deze proef is gestoomd volgens **proefnummer 4** (zie pag. 5). Bij de start van de proef is het substraat nog niet helemaal afgekoeld en opgedroogd van de eerder uitgevoerde stoomproef. Uit de vorige proeven ontstond het vermoeden dat op de stoom uit de twee middelste kranen van het spruitstuk meer druk stond dan op de andere kranen. Dit kwam waarschijnlijk omdat de middelste drains achterin het bed eerder op temperatuur komen dan de drains aan de buitenkant. Om dit te verminderen worden de twee middelste kranen anderhalve slag dichtgedraaid. Na deze handeling lijken de verschillen kleiner geworden te zijn.

Logboek van stoomproef 5:

00:00 Ventilator aan.
Dataloggers aan.
Stoomkraan klein stukje open.
Het vooropkomende condenswater laten we uit de buis ontsnappen door een hiervoor aangelegde koppeling net voor het spruitstuk.

00:02 Stoomkraan verder open.

00:06 Stoomkraan verder open.

00:07 Het stoomzeil begint te bollen.
Opvallend is dat dit boven het schuin aflopende bed begint.

00:10 Stoomzeil tot op de helft bol (zie figuur 7).

00:14 Stoomzeil tot op 3/4 van de lengte bol.

00:17 Ventilator begint stoom te blazen.

00:18 Stoomzeil helemaal bol.

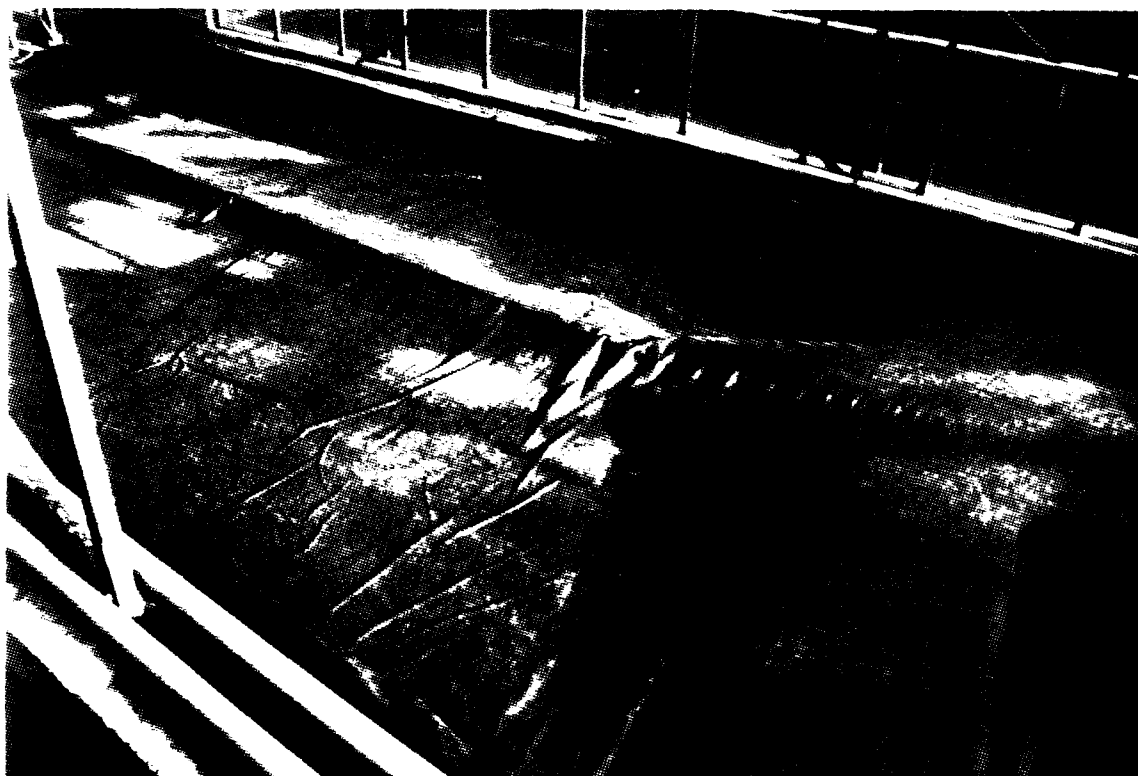
00:21 Bij de verzamelpijp worden 2 kranen van een ander bed losgenomen om valse lucht te kunnen trekken, zodat het condenswater gemakkelijker door het geboorde gat uit de buis kan lopen.
Dit wordt gedaan omdat de temperaturen op de bodem plaatselijk weer terug gaan lopen. Dit is bijna zeker een gevolg van een niet goed functionerende condenswaterafvoer.

00:29 Omdat de temperatuur van meetpunt 32 (achterin een stoomdrain) lang laag blijft, wordt vermoed dat er nog condenswater in de drain staat. Daarom wordt de kraan naar de afzuigdrain even open gehouden, om dat condenswater eruit te zuigen. Dit blijkt echter niet de oplossing, want de temperatuur blijft aan de lage kant.

Omdat dit bij de vorige proef ook gebeurde zou het wel eens aan de desbetreffende stoomdrain kunnen liggen.

00:34 Stoomkraan dicht.

00:37 Ventilator uit.



Figuur 7. Het stoomzeil bolt langzaam op vanaf de kant waar de stoom wordt ingebracht

Meetresultaten stoomproef 5

Hieronder volgt een samenvatting van de temperatuurmetingen:

Meetrij 1

Overal + 95 °C in 10 minuten, m.u.v. de meetpunten:

- * 1 (max. 93,0 °C na 0:08)
- * 3 (max. 91,7 °C na 0:34)
- * 5 (na 0:16 boven 95°C)
- * 104 (na 0:12 boven 95°C)

Meetpunten met langzaam opkomende temperatuur:

- * 3

Meetpunten met inzinking:

- * 1 (na 0:08)
- * 7 (na 0:06)

Meetrij 2

Overal + 95 °C in 12 minuten, m.u.v. de meetpunten:

- * 3 (max. 93,3 °C na 0:12)
- * 7 (max. 94,6 °C na 0:30)
- * 101 (na 0:16 boven 95°C)

Meetpunten met langzaam opkomende temperatuur:

- * 3 en 7.

Meetpunten met inzinking:

- * 1 (na 0:12)
- * 5 (na 0:12)
- * 103 (na 0:12)
- * 105 (na 0:12)

Meetrij 3

Overal + 95 °C in 20 minuten, m.u.v. de meetpunten:

- * 7 (na 0:22 boven 95°C)
- * 101 (na 0:22 boven 95°C)

Meetpunten met inzinking:

- * 1 en 3 (na 0:16)

Meetrij 4

Overal + 95 °C in 20 minuten, m.u.v. het meetpunt:

- * 32 (max. 76,1 °C na 0:36)

Meetpunt met langzaam opkomende temperatuur:

- * 32

Meetpunten met inzinking:

- * 26 (na 0:18)
- * 27 (na 0:18)
- * 28 (na 0:20)

Opmerkingen en mogelijke verklaringen m.b.t. de metingen:

In meetrij 1 bevinden zich weer enkele twijfelachtige meetpunten. Dit is waarschijnlijk te wijten aan de kleine hoeveelheid stoom die is toegevoerd en de lage onderdruk welke voorin het bed heerst.

In meetrij 2 zijn na 12 minuten verscheidene punten met een terugslag. Dit is net na het moment dat hier het stoomzeil bol is gaan staan. Het kan zo zijn dat op dat moment op die plaats het substraat nat begint te worden en dat de stoom dan een weg naar boven gaat zoeken.

Bij meetrij 3 valt het op dat twee meetpunten aan de betonnen buitenkant van het bed achterblijven. Dit heeft waarschijnlijk als oorzaak dat er veel energie verloren gaat aan de koude betonrand. Tevens is er aan die buitenkanten veel condensatie van de stoom, wat ook weer opgewarmd zal moeten worden als het niet in de buurt van een afzuigdrain ligt.

Ook bij deze proef zijn enkele temperatuurdalingen waar te nemen, op het moment dat het stoomzeil hier gaat bollen. Dit kan een gevolg zijn van het verzadigd raken van het substraat met condenswater.

Bijlage 6 Bespreking proef 6

Opmerkingen bij stoomproef 6

Bij deze proef is gestoomd volgens **proefnummer 5** (zie pag. 5), alleen door een fout in de proefopbouw is er met slechts 2 stoomdrains (maar wel 3 afzuigdrains) gestoomd. Vanaf deze proef worden de meetpunten geplaatst volgens de vernieuwde meetpuntverdeling (zie bijlage 17).

Logboek van stoomproef 6

00:00 Ventilator aan.
Dataloggers aan.
Stoomkraan open.
00:02 Stoomkraan verder open (90 graden).
00:09 Stoomkraan verder open (100 graden).
00:13 Stoomzeil begint in het schuine bed te bollen.
00:20 Stoomkraan verder open (110 graden).
00:23 Ventilator begint stoom te blazen.
00:29 Stoomzeil ± 5 m. bol.
00:40 Stoomzeil bolt achterin ± 1 m. en voorin ± 8 m.
00:50 Stoomzeil helemaal bol.
00:51 Stoomkraan beetje knijpen (naar 90 graden).
00:57 Achterin kraan 28 en 30 even open gehouden.
00:58 Kleine stroomstoring; hierdoor even geen meetgegevens.
01:07 Stoomkraan beetje geknepen (naar 80 graden).
01:20 Stoomkraan dicht.
Zeil binnen 30 sec. plat gezogen.
01.21 Afzuiger uit.

Meetresultaten stoomproef 6

Hieronder volgt een samenvatting van de temperatuurmetingen:

Meetrij 1

Overal + 95 °C in 22 minuten, m.u.v. de meetpunten:

* 3 (max. 87,9 °C na 0:32)	* 103 (max. 91,3 °C na 1:00)
* 5 (max. 89,9 °C na 0:40)	* 106 (max. 92,7 °C na 1:06)
* 16 (na 0:24 boven 95°C)	* 118 (max. 91,3 °C na 0:18,
* 17 (max. 89,9 °C na 0:34)	daarna weggezakt)
* 18 (na 0:30 boven 95°C)	* 119 (max. 90,7 °C na 1:18)

- * 120 (na 0:08 boven 95°C,
maar daarna weggezakt)

Meetrij 2

Overall + 95 °C in 36 minuten, m.u.v. de punten:

- * 3 (max. 94,8 °C na 0:26)
- * 104 (max. 92,5 °C na 1:18)

Meetrij 3

Overall + 95 °C in 48 minuten, m.u.v. de punten:

- * 101 (na 0:50 boven 95°C)
- * 103 (max. 92,5 °C na 1:12)
- * 104 (max. 86,7 °C na 1:16)
- * 105 (max. 91,9 °C na 1:14)
- * 115 (na 0:52 boven 95°C)
- * 116 (max. 94,6 °C na 1:14)
- * 117 (max. 89,9 °C na 1:14)
- * 118 (max. 87,0 °C na 1:20)
- * 120 (max. 92,5 °C na 1:14)

Meetrij 4

Overall + 95 °C in 48 minuten, m.u.v. de punten:

- * 27 (na 0:50 boven 95°C)
- * 29 (max. 85,1 °C na 1:16)

Opmerkingen en mogelijke verklaringen m.b.t. de metingen:

Vanwege het grote aantal afzuigdrains t.o.v. het aantal stoomdrains hebben de stoomdrains het waarschijnlijk niet aangekunnen om alles snel op 95°C te krijgen. Dit omdat de stoom misschien te snel door het substraat wordt gezogen. Hierdoor zijn in meetrij 3 nogal wat twijfelachtige punten. Hieruit zou kunnen blijken dat er een stoomstroming ontstaat waar enkele meetpunten buitenvallen en dat die meetpunten erg veel tijd nodig hebben om opgewarmd te worden.

Opvallend is dat er in meetrij 3 in het bed met de rechte bodem t.o.v. het bed met de schuine bodem zo weinig problemen zijn. Dit zijn voornamelijk de meetpunten onderin en middenin het bed.

Hier wordt de meeste stoom waarschijnlijk weggetrokken door de twee zuigdrains die het dichtst bij de stoomdrains liggen. Hierdoor zal er weinig stoom naar de in het midden van het bed verzonken drain gezogen worden, waardoor dat gedeelte van het bed een stuk achter blijft.

Bijlage 7 Bespreking proef 7

Opmerkingen bij stoomproef 7

Bij deze proef is gestoomd volgens **proefnummer 5** (zie pag. 5)
Er is gemeten volgens de vernieuwde meetpuntverdeling.

Logboek van stoomproef 7

00:00 Afzuiger aan.
Dataloggers aan.
Stoomkraan open.
00:01 Stoomkraan open.
00:07 Stoomzeil tot in het midden bol.
00:18 Ventilator begint stoom te blazen.
00:25 Afvoer waterbuis geopend (dop eruit gehaald).
00:29 Stoomzeil helemaal bol.
Stoomkraan beetje knijpen.
00:33 Stoomkraan beetje knijpen. Gevolg: stoomzeil slaat neer
in het midden van het bed.
Vanaf hier tot het eind spelen we constant met de
stoomkraan, zodat we het zeil net bol houden.
01:02 Vanaf hier laten we het zeil heel langzaam zakken.
01:23 Stoomzeil helemaal plat.
01:38 Stoomkraan dicht.
01:39 Ventilator uit.

Meetresultaten stoomproef 7

Hieronder volgt een samenvatting van de temperatuurmetingen:

Meetrij 1

Overall + 95 °C in 14 minuten, m.u.v. de punten:

* 1 (max. 84,2 °C na 1:38)	* 101 (boven 95 °C na 0:52)
* 2 (max. 92,3 °C na 1:22)	* 103 (max. 94,7 °C na 1:24)
* 3 (max. 90,9 °C na 1:24)	* 106 (max. 91,5 °C na 1:30)
* 4 (boven 95 °C na 1:12)	* 107 (max. 94,5 °C na 1:24)
* 5 (max. 84,5 °C na 1:40)	* 115 (max. 89,5 °C na 1:38)
* 6 (boven 95 °C na 1:12)	* 116 (boven 95 °C na 1:24)
* 7 (max. 85,9 °C na 1:34)	* 117 (max. 93,9 °C na 1:40)
* 9 (boven 95 °C na 0:28)	* 118 (boven 95 °C na 0:22)
* 10 (max. 94,3 °C na 0:56)	* 119 (max. 91,3 °C na 1:40)

- * 14 (boven 95 °C na 0:30)
- * 15 (max. 90,0 °C na 1:38)
- * 16 (max. 89,3 °C na 0:46)
- * 17 (boven 95 °C na 0:28)
- * 18 (boven 95 °C na 0:30)
- * 19 (max. 86,5 °C na 1:42)
- * 20 (boven 95 °C na 0:22)
- * 120 (max. 91,2 °C na 1:26)

Meetrij 2

Overal + 95 °C in 24 minuten, m.u.v. de punten:

- * 1 (boven 95 °C na 1:10)
- * 3 (max. 92,4 °C na 1:40)
- * 5 (max. 94,7 °C na 1:36)
- * 7 (max. 94,9 °C na 1:34)
- * 15 (max. 92,5 °C na 1:38)
- * 16 (max. 93,3 °C na 1:40)
- * 17 (max. 90,2 °C na 1:40)
- * 18 (max. 88,5 °C na 1:42)
- * 19 (max. 89,3 °C na 1:40)
- * 20 (max. 88,8 °C na 1:38)
- * 101 (boven 95 °C na 0:36)
- * 103 (boven 95 °C na 1:16)
- * 104 (max. 91,6 °C na 1:38)
- * 105 (boven 95 °C na 0:50)
- * 116 (max 92,0 °C na 1:32)
- * 117 (boven 95 °C na 1:16)
- * 119 (boven 95 °C na 1:30)

Meetrij 3

Overal + 95 °C in 36 minuten, m.u.v. de punten:

- * 1 (max. 87,4 °C na 1:32)
- * 2 (max. 93,0 °C na 1:30)
- * 3 (max. 87,0 °C na 1:34)
- * 5 (boven 95 °C na 1:16)
- * 13 (max. 94,3 °C na 1:30)
- * 15 (max. 89,7 °C na 1:18)
- * 16 (max. 94,2 °C na 0:54)
- * 18 (max. 84,3 °C na 1:28)
- * 19 (max. 81,7 °C na 1:32)
- * 23 (max. 82,7 °C na 1:34)
- * 103 (max. 93,6 °C na 1:16)
- * 105 (max. 93,7 °C na 0:56)
- * 116 (boven 95 °C na 1:02)
- * 117 (max. 82,6 °C na 1:34)
- * 118 (boven 95 °C na 1:02)
- * 123 (boven 95 °C na 0:38)
- * 124 (max. 89,3 °C na 1:20)

Meetrij 4

Overal + 95 °C in 26 minuten, m.u.v. de punten:

- * 27 (boven 95 °C na 0:48)
- * 31 (boven 95 °C na 0:32)
- * 127 (max. 92,6 °C na 1:18)
- * 129 (boven 95 °C na 0:40)

Opmerkingen en mogelijke verklaringen m.b.t. de metingen:

Meetrij 1:

In het rechte bed is een horizontaal stoomtransport waar te nemen (dit is o.a. te zien bij een vergelijking van de meetpunten: 1 en 15, 3 en 17, 5 en 18 en 7 en 20). Dit is waarschijnlijk een gevolg van de druk van de stoom die bij het ingaan van het bed vrij hoog is, en zo horizontaal door het bed wordt verplaatst.

Bij een vergelijking van dezelfde punten in het schuine bed lijkt het erop dat de stoom met een soort boogje van de pers naar de zuigdrain gaat.

Meetrij 2:

In het rechte bed blijkt na vergelijking van de hierboven genoemde meetpunten dat de stoom met een boogje van de pers naar de stoomdrain door het bed verplaatst.

In het schuine bed kan na vergelijken van de bodempunten niet echt gezegd worden of er een horizontaal stoomtransport is, of dat de stoom met een boogje gaat.

Meetrij 3:

In het rechte bed zijn meer punten onder de 95 °C gebleven dan in het schuine bed. Deze punten liggen bijna allemaal onderin het bed. Extra opvallend mag het genoemd worden dat enkele punten helemaal bovenin het bed niet aan de 95°C kwamen.

Alles bij elkaar genomen is er weinig reden om gelukkig te zijn met de uit deze proef gekomen resultaten. Dit voornamelijk vanwege de lange opwarmtijden die gemiddeld nodig waren en vanwege het grote aantal punten wat lang niet aan de vereiste 95°C kwam. Ook valt het af te lezen aan het aantal genoteerde meetpunten met gebreken dat in het hieraan voorafgaande gedeelte is genoteerd.

De meetpunten in meetrij 4 die achter blijven zijn allen punten in de afzuigdrains. Hier zal waarschijnlijk pas condenswater van 95 °C doorheen gaan stromen als de temperatuur van het gehele substraat boven de 95 °C is gekomen.

Bijlage 8 Bespreking proef 8

Opmerkingen bij stoomproef 8

Bij deze proef is gestoomd volgens **proefnummer 6** (zie pag. 5)
Er is gemeten volgens de vernieuwde meetpuntverdeling.

Logboek van stoomproef 8

00:00 Ventilator aan.
Dataloggers aan.
Stoomkraan open.
00:06 Stoomkraan verder open (45 graden).
00:15 Stoomkraan verder open (55 graden).
00:25 Stoomzeil begint te bollen.
00:47 Afvoerpijp helemaal vol water. Pijp geleegd.
00:54 Stoomzeil staat tot in het midden te dansen.
01:02 Afvoerpijp weer vol water.
01:15 " " " "
01:20 " " " "
01:22 Stoomzeil bijna helemaal bol (hij twijfelt nog).
01:27 Afvoerpijp weer vol water.
01:42 Stoomzeil plat.
 Stoom uit ventilator.
02:00 Brander uit.
02:08 Stoomkraan dicht.

Meetresultaten stoomproef 8

Hieronder volgt een samenvatting van de temperatuurmetingen:

Meetrij 1

Overal + 95 °C in 56 minuten, m.u.v. de meetpunten:

* 1 (max. 90,8 °C na 1:48)	* 103 (boven 95 °C na 1:58)
* 2 (boven 95 °C na 1:50)	* 106 (boven 95 °C na 1:12)
* 3 (max. 82,2 °C na 2:16)	* 107 (boven 95 °C na 1:38)
* 4 (boven 95 °C na 2:04)	* 115 (max. 94,1 °C na 2:06)
* 5 (max. 83,7 °C na 2:12)	* 117 (max. 93,3 °C na 2:04)
* 6 (boven 95 °C na 1:10)	* 118 (boven 95 °C na 1:50)
* 7 (max. 89,7 °C na 2:12)	* 119 (max 93,0 °C na 1:32)
* 10 (boven 95 °C na 1:48)	* 120 (boven 95 °C na 1:46)
* 11 (max. 93,6 °C na 2:06)	

- * 12 (boven 95 °C na 1:24)
- * 13 (boven 95 °C na 1:36)
- * 15 (boven 95 °C na 1:12)
- * 16 (max. 80,8 °C na 2:18)
- * 17 (max 81,5 °C na 2:20)
- * 18 (max 86,2 °C na 2:14)
- * 19 (max 85,5 °C na 2:14)
- * 20 (boven 95 °C na 1:00)

Meetrij 2

Overal + 95 °C na 1:10 m.u.v. de meetpunten:

- | | |
|-----------------------------|------------------------------|
| * 1 (boven 95 °C na 1:58) | * 101 (boven 95 °C na 1:28) |
| * 3 (max. 94,0 °C na 2:12) | * 103 (boven 95 °C na 1:32) |
| * 5 (boven 95 °C na 1:58) | * 104 (boven 95 °C na 1:32) |
| * 7 (boven 95 °C na 2:02) | * 105 (boven 95 °C na 1:18) |
| * 15 (max. 93,4 °C na 2:12) | * 116 (max. 93,4 °C na 2:14) |
| * 16 (max. 92,8 °C na 2:16) | * 117 (boven 95 °C na 1:26) |
| * 17 (max. 92,1 °C na 2:12) | * 118 (boven 95 °C na 1:14) |
| * 18 (max. 88,6 °C na 2:16) | * 119 (boven 95 °C na 1:28) |
| * 19 (max. 90,3 °C na 2:14) | |
| * 20 (max. 90,6 °C na 2:10) | |

Meetrij 3

Overal + 95 °C na 1:30 m.u.v. de meetpunten:

- | | |
|-----------------------------|------------------------------|
| * 1 (max. 93,4 °C na 2:08) | * 101 (boven 95 °C na 1:42) |
| * 3 (max. 93,3 °C na 2:10) | * 115 (boven 95 °C na 1:36) |
| * 5 (boven 95 °C na 2:06) | * 116 (max. 93,3 °C na 2:12) |
| * 6 (boven 95 °C na 1:34) | * 120 (max. 94,1 °C na 2:10) |
| * 7 (max. 89,2 °C na 2:06) | |
| * 15 (max. 91,9 °C na 2:10) | |
| * 16 (max. 90,4 °C na 2:12) | |
| * 17 (max. 92,2 °C na 2:10) | |
| * 18 (max. 91,8 °C na 2:10) | |
| * 19 (max. 81,0 °C na 2:14) | |
| * 20 (max. 86,7 °C na 2:12) | |

Meetrij 4

Overal + 95 °C na 1:34 m.u.v. de meetpunten:

- * 27 (boven 95 °C na 2:00) Opm. In de stoomdrains alle tem-
- * 28 (boven 95 °C na 2:00) peraturen na 0:12 boven 95°C.

Opmerkingen en mogelijke verklaringen m.b.t. de metingen:

Voorin het rechte bed zijn veel achterblijvende temperaturen. Dit zou een gevolg kunnen zijn van het feit dat achterin het bed de stoom gemakkelijker de drain verlaat t.g.v. de daar heersende onderdruk t.g.v. het afzuigen. Het valt in alle meetrijen op dat de meetpunten in het schuine bed meestal ± 30 minuten eerder in de buurt van de 95 °C komen dan dezelfde meetpunten in het bed met rechte bodem. Verder is het opmerkelijk dat er veel meer punten in het bed met de rechte bodem zijn die er niet in slagen om de temperatuur van 95 °C te bereiken dan in het bed met schuine bodem. In het algemeen treden het meest problemen op bij de verwarming van de punten op de bodem van de bedden. Problemen op halve hoogte in het bed treden alleen op in de eerste meetrij. Hoe verder we (in meetrijen gezien) het bed ingaan, hoe kleiner het aantal probleemgevallen wordt in het bed met schuine bodem. Dit zou een gevolg kunnen zijn van een betere afvoer van condenswater in het schuine bed dan in het rechte bed en een grotere onderdruk t.g.v. het afzuigen achterin het bed. Een ander vermoeden dat naar boven komt is dat de stoom hier vrij gemakkelijk door de stoomdrains naar achteren gaat en niet, zoals in de kleibedden, voorin het bed al de drain door de perforaties verlaat. Het verschil tussen meetpunt 6 en 7 in meetrij 3 wijst er weer op dat er geen sprake is van een horizontaal maar van een verticaal stoomtransport. Hetzelfde blijkt uit de vergelijkingen van de meetpunten 1 en 15 en van 7 en 20 in de meetrijen 2 en 3. In meetrij 1 geldt in het bed met de rechte bodem het tegenovergestelde. Dit zal waarschijnlijk een gevolg zijn van de hogere druk van de stoom voorin het bed, waardoor de stoom gemakkelijker horizontaal in het bed wordt verspreid. Ook kan het voorkomen dat er voorin rondom de persleiding eerder een vloeistofvlies ontstaat dat afdichtend werkt dan achterin het bed, omdat achterin de afzuigkracht groter is.

Bijlage 9 Bespreking proef 9

Opmerkingen bij stoomproef 9

Bij deze proef is gestoomd volgens **proefnummer 7** (zie pag. 5)
Er is gemeten volgens de vernieuwde meetpuntverdeling.

Logboek van stoomproef 9

00:00 Ventilator aan.
Dataloggers aan.
Stoomkraan open (25 graden).
00:07 Stoomkraan verder open (45 graden).
00:14 Achterin kraan eruit gehaald, zodat de ventilator valse
lucht trekt en dat nu het water uit de verzamelpijp kan
stromen.
00:32 Stoomzeil begint te bollen.
Ventilator begint stoom te blazen.
00:52 Er komt een constante stroom water uit de verzamelpijp.
00:55 Stoomzeil tot op de helft bol.
01:07 Stoomzeil helemaal bol.
01:16 Stoomzeil erg strak; stoomkraan stukje dicht.
01:36 Kraan stukje dicht (30 graden).
01:45 Na ongeveer 2 m. plat gelegen te hebben, komt het
stoomzeil achterin het bed weer omhoog.
01:57 Stoomzeil mooi in evenwicht.
02:07 Zeil strak.
02:13 Spanning weer van het stoomzeil af.
02:16 Stoomzeil begint achterin te dansen.
02:17 Stoomzeil slaat achterin neer.
02:21 Stoomkraan dicht.
(Ventilator blijft aan).

Meetresultaten stoomproef 9

Hieronder volgt een samenvatting van de temperatuurmetingen:

Meetrij 1

Overal + 95 °C na 22 minuten.

Meetrij 2

Overall + 95 °C na 1:04, m.u.v. de meetpunten:

- * 101 (boven 95 °C na 1:32)
- * 103 (boven 95 °C na 1:18)
- * 104 (boven 95 °C na 1:36)
- * 105 (max. 94,3 °C na 2:16)
- * 106 (boven 95 °C na 1:52)
- * 115 (boven 95 °C na 1:56)
- * 116 (boven 95 °C na 1:28)
- * 117 (boven 95 °C na 1:26)

Meetrij 3

Overall + 95 °C na 1:16, m.u.v. de meetpunten:

- * 5 (boven 95 °C na 1:20)
- * 7 (boven 95 °C na 1:22)
- * 16 (boven 95 °C na 1:24)
- * 20 (boven 95 °C na 1:24)

Meetrij 4

Alle stoomdrains zijn binnen 12 minuten boven 95°C.

De andere meetpunten (in de zuigdrains) zijn dit na 1:18.

Opmerkingen en mogelijke verklaringen m.b.t. de metingen:

Dat meetpunt 103 in meetrij 2 eerder op temperatuur was dan 117 bewijst dat er geen horizontaal stoomtransport is. Dit geldt ook voor 101 en 115 en in meetrij 3 voor 107 en 120. Het valt op dat meetrij 1 in z'n geheel op temperatuur is voordat het zeil begint te bollen. Waarschijnlijk wordt de stoom hier door de hogere druk (t.o.v. de rest v.h. bed) bij het instromen van het bed wel horizontaal het bed ingeblazen. Het valt op dat meetrij 3 in z'n geheel eerder op temperatuur komt dan meetrij 2 (meetrij 4 zelfs nog eerder). Dit is waarschijnlijk een gevolg van de onderdruk, welke achterin het bed hoger is dan middenin het bed en van de uitstroom/doorstroom verhouding achterin het bed.

In de proef is er slechts een punt dat de 95 °C niet gehaald heeft. Dit mag een goed resultaat genoemd worden. Iets om minder tevreden mee te zijn is de lange tijdsduur die nodig is.

Bijlage 10 Bespreking proef 10

Opmerkingen bij stoomproef 10

Bij deze proef is gestoomd volgens **proefnummer 8** (zie pag. 5)
Er is gemeten volgens de vernieuwde meetpuntverdeling.
Bij aanvang van de proef was zand in het bed nog vrij vochtig van de vorige stoomproef. Er was echter geen last van overvloedig water op de bodem van het bed. Ook was het bed nog niet helemaal afgekoeld tot omgevingstemperatuur.

Logboek van stoomproef 10

00:00 Ventilator aan.
Dataloggers aan.
Stoomkraan open.
00:05 Stoomkraan verder open (45 graden).
00:19 Stoomkraan verder open (55 graden).
00:24 Stoomzeil begint te bollen.
00:41 Stoomkraan verder open (65 graden).
Stoomzeil tot op de helft bol.
00:51 Verzamelpijp begint een constante straal water te geven.
01:08 Stoomzeil bol achterin het schuine bed.
01:10 Ventilator blaast stoom.
01:16 Stoomzeil helemaal bol.
02:23 Stoomkraan dicht.
(Afzuiger blijft aan.)

Meetresultaten stoomproef 10

Hieronder volgt een samenvatting van de temperatuurmetingen:

Meetrij 1

Overal + 95 °C in 26 minuten, m.u.v. de meetpunten:

- * 3 (boven 95 °C na 50 minuten)
- * 5 (boven 95 °C na 52 minuten)
- * 17 (boven 95 °C na 32 minuten)

Meetrij 2

Overal + 95 °C na 1:02, m.u.v. de meetpunten:

- | | |
|----------------------------|-----------------------------|
| * 3 (boven 95 °C na 1:08) | * 103 (boven 95 °C na 1:08) |
| * 17 (boven 95 °C na 1:10) | * 104 (boven 95 °C na 1:16) |
| * 19 (boven 95 °C na 1:08) | * 105 (boven 95 °C na 2:24) |
| | * 117 (boven 95 °C na 1:14) |

Meetrij 3

Overal + 95 °C na 1:20, m.u.v. de meetpunten:

- | | |
|----------------------------|-----------------------------|
| * 3 (boven 95 °C na 1:28) | * 117 (boven 95 °C na 1:22) |
| * 5 (boven 95 °C na 1:46) | |
| * 7 (boven 95 °C na 1:22) | |
| * 16 (boven 95 °C na 2:20) | |
| * 17 (boven 95 °C na 1:58) | |

Meetrij 4

De meetpunten in de stoomdrains zijn allemaal na 8 minuten boven de 95 °C. De punten in de andere drains doen er maximaal 1 uur en 16 minuten over, m.u.v. meetpunt 129 (94,2 °C na 2:22 uur). Dit meetpunt ligt in de afzuigdrain van het bed met de schuine bodem.

Opmerkingen en mogelijke verklaringen m.b.t. de metingen:

In de gehele proef is slechts één punt dat de 95 °C niet heeft gehaald. Dit is de temperatuur van het afgevoerde condenswater uit het schuine bed. De temperatuur was echter nog stijgende op het moment dat de ketel werd uitgezet en had waarschijnlijk binnen niet al te lange tijd op de gevraagde temperatuur gekomen. Hieruit kan misschien worden afgeleid dat een stoombeurt zou kunnen worden beëindigd indien de temperatuur van het afgevoerde condenswater een temperatuur heeft behaald van meer dan 95 °C. Op dat moment is, in deze proef althans, het gehele bed immers op een temperatuur van boven die 95 °C. In meetrij 1 t/m 3 gaat het, vooral in het rechte bed, steeds om dezelfde probleempunten, welke op de bodem liggen, aan beide zijden van de afzuigdrain (voornamelijk meetpunt 3 en 5). Dit wijst er weer op dat de stoom niet horizontaal over de bodem wordt aangezogen, maar verticaal onder het stoomzeil

vandaan wordt aangezogen of via een boogvormige weg zijn weg van de persdrain naar de afzuigdrain vindt.

De periode van 1 uur en 20 minuten is veel te lang als we deze vergelijken met de vooraf gestelde opwarmduur van maximaal 15 minuten. En dan is deze tijd nog erg ruw genomen, omdat dan nog niet alle punten op de gestelde 95 °C zijn gekomen. Als we ons echt aan de regels houden en naar alle meetpunten kijken, komen we op een tijdsduur van ongeveer 2 1/2 uur.

Het punt boven de zuigdrain (4 en 104) komt maar éénmaal in de problemen voor, en wel in meetrij 2 in het schuine bed. Dit zal hier gebeuren omdat er geen hoge stoomdruk en geen hoge onderdruk heerst, maar de stoom door een lage onderdruk door het substraat moet worden getrokken. Hierdoor is er hier, in vergelijking met andere plaatsen in het bed, niet al te veel stoomtransport door het substraat, waardoor dit punt in opwarmingsnelheid iets achter blijft op dezelfde punten, die alleen in de buurt van een hogere stoomdruk of bij een hogere onderdruk gelegen zijn.

In meetrij 4 zien we dat de stoom in ongeveer 8 minuten de achterkant van de drain heeft behaald. Dit is veel sneller dan in de kleibedden. De oorzaak hiervan is waarschijnlijk de betere afdichting van de drain van buitenaf door de zandkorrels en de PolyPropeen vezelmat die om de drains is aangebracht, waardoor de stoom gemakkelijker naar achteren gaat dan de drain onderweg verlaat.

Bijlage 11 Hulpmiddelen

Voor en tijdens de proef zijn wat hulpmiddelen gemaakt om het werk te vergemakkelijken of mogelijk te maken. Hieronder volgen de belangrijkste daarvan.

Richtrek voor drains

Bij het vullen van de bedden waren er problemen met het op de juiste plaats houden van de drains. Doordat ze zo licht en flexibel zijn, rolden ze van hun plaats. Om dit tegen te gaan zijn voor elk bed 2 richtrekken gemaakt. Deze worden op ± 50 cm van elkaar over de drains gezet. Tussen deze richtrekken in wordt dan het substraat gestort. Omdat niet alle bedden precies even breed zijn, zijn er drie stuks met andere maten gemaakt (voor een tekening, zie bijlage 12)

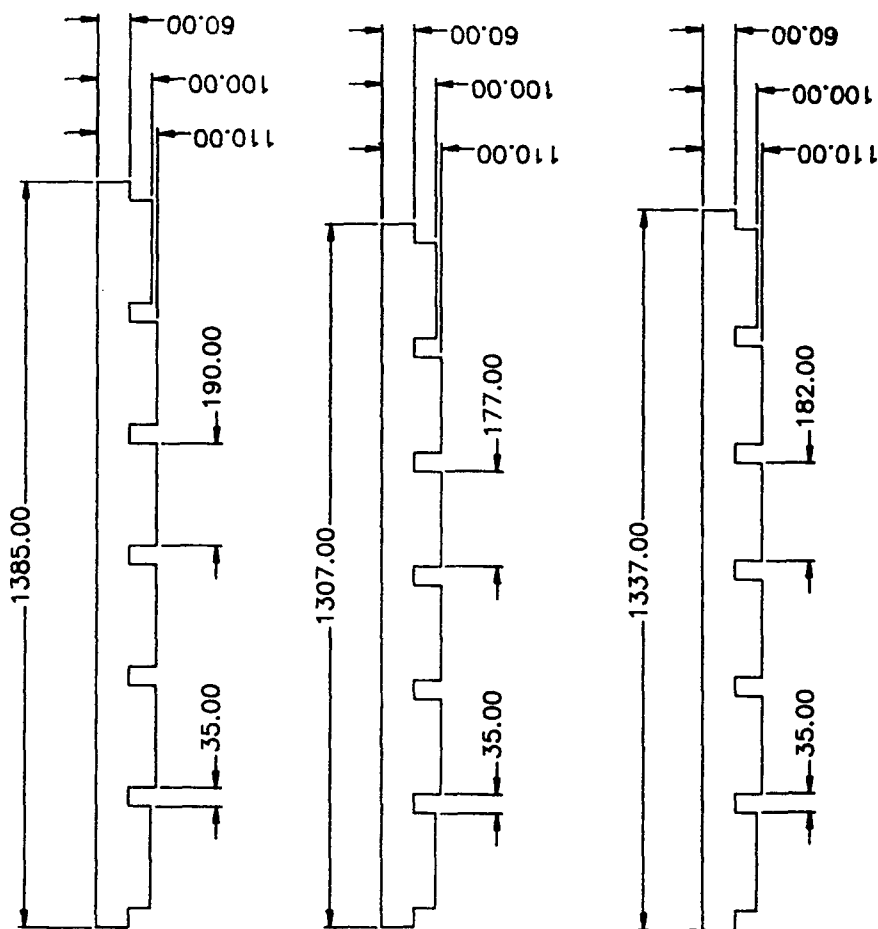
Afstrijkplankjes

Om het substraat precies op juiste hoogte te krijgen zijn afstrijkplankjes gemaakt. Door de uitstekende delen van de plank over de randen van het bed heen en weer te schuiven, kan het substraat op de juiste hoogte worden afgestreken.

Spruitstuk

Om de stoom netjes over alle stoomdrains te verdelen, is een spruitstuk gemaakt. Op de ene kant van het spruitstuk is een koppeling gemaakt om de buis die vanaf de ketel de stoom aanvoert op aan te sluiten. Aan de andere kant zitten 8 kranen, waarop slangen kunnen worden aangesloten. Deze slangen worden met slangeklemmen bevestigd. Afhankelijk van het aantal drains waardoor men wil stomen, kunnen de kranen open- of dichtgedraaid worden. De kranen zijn verticaal op het spruitstuk geplaatst, om te proberen gecondenseerde stoom (condenswater) in het spruitstuk te houden. De stoom bevindt zich immers bovenop het condenswater en zal het spruitstuk dus gemakkelijker verlaten bij een niet al te hoge stroomsnelheid van de stoom. (Voor een tekening, zie bijlage 13)

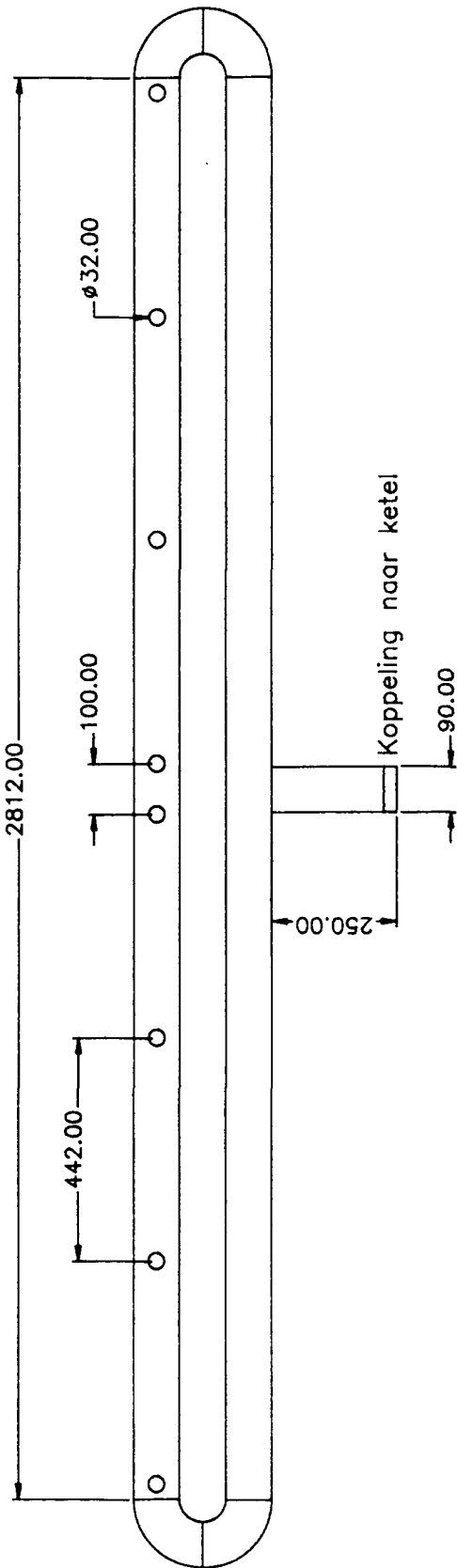
Bijlage 12 Richtrek



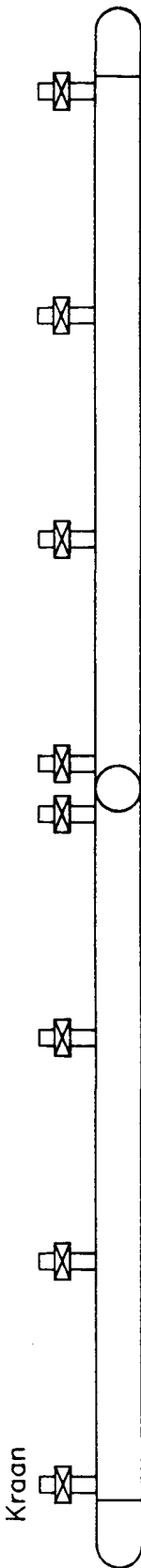
Proefstation voor de Tuinbouw onder Glas		(PTG - Naaldwijk)	01740/36700
Proefstation voor de Bloemisterij in Nederland		(PBN - Adlameer)	02977/52525
Project: 7401 Ontwikkeling en toetsing van gesloten bedrijfssystemen		Schaal: 1:10	
Project:	stoomproef	Lokatie: Kas 211.7	Datum: 07/10/92
Richtrek voor stoomdrains.		A3	
		Getekend: D.L. Bruynzeel	
		Nr.: 5-931	

Bijlage 13 Spruitstuk

BOVENAANZICHT

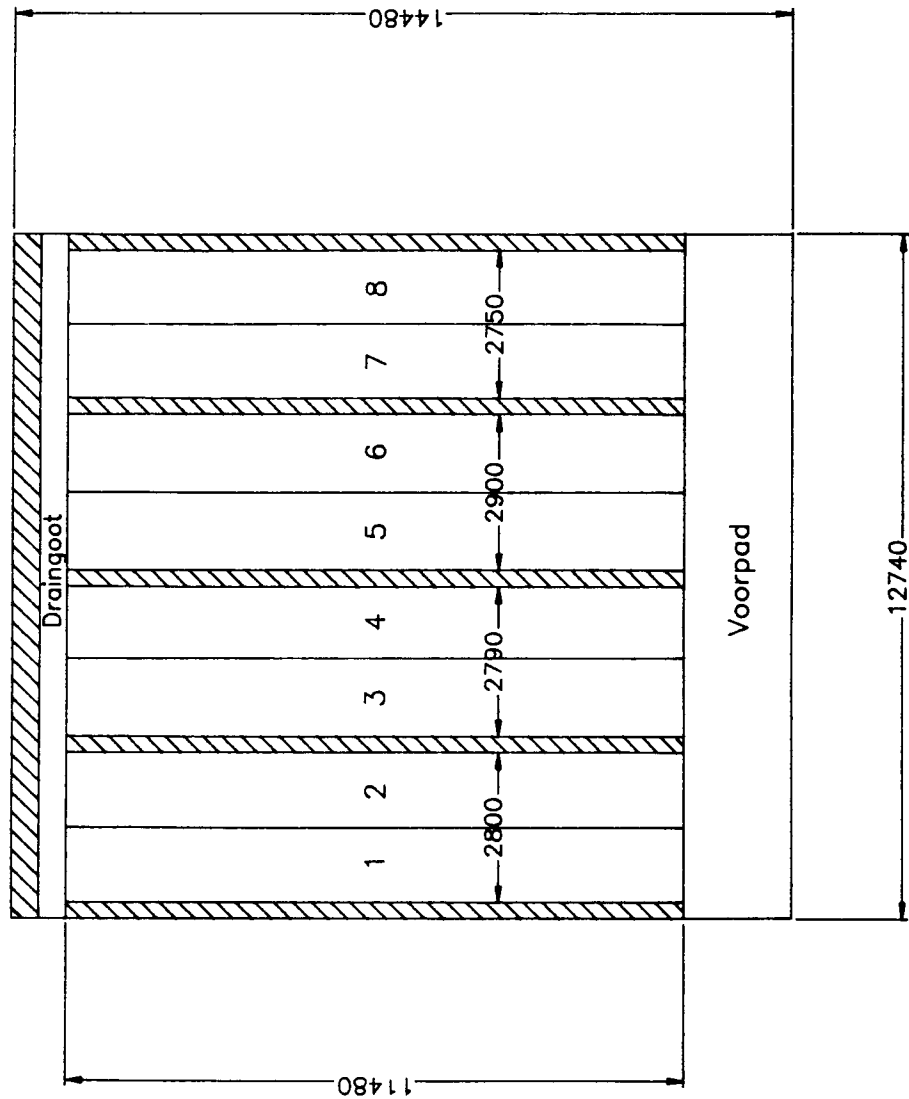


VOORAANZICHT



Proefstation voor de Tuinbouw onder Glas		(PTG - Naaldwijk)	01740/36700
Proefstation voor de Bloemisterij in Nederland		(PBN - Aalsmeer)	02977/52525
Project: 7401 Ontwikkeling en toetsing van gesloten bedrijfssystemen		Schaal: 1:10	
Project:	stoomproef	Lokatie: Kas 211.7	Datum: 30/10/92
Verdeelstuk voor stoomdrains.		Getekend: D.L. Bruynzeel	Nr.: st-4-a31

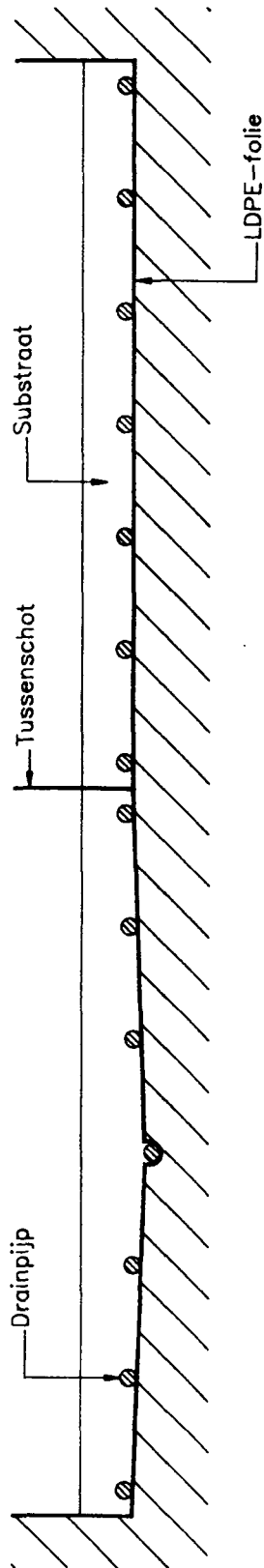
Bijlage 14 Kas 211.7



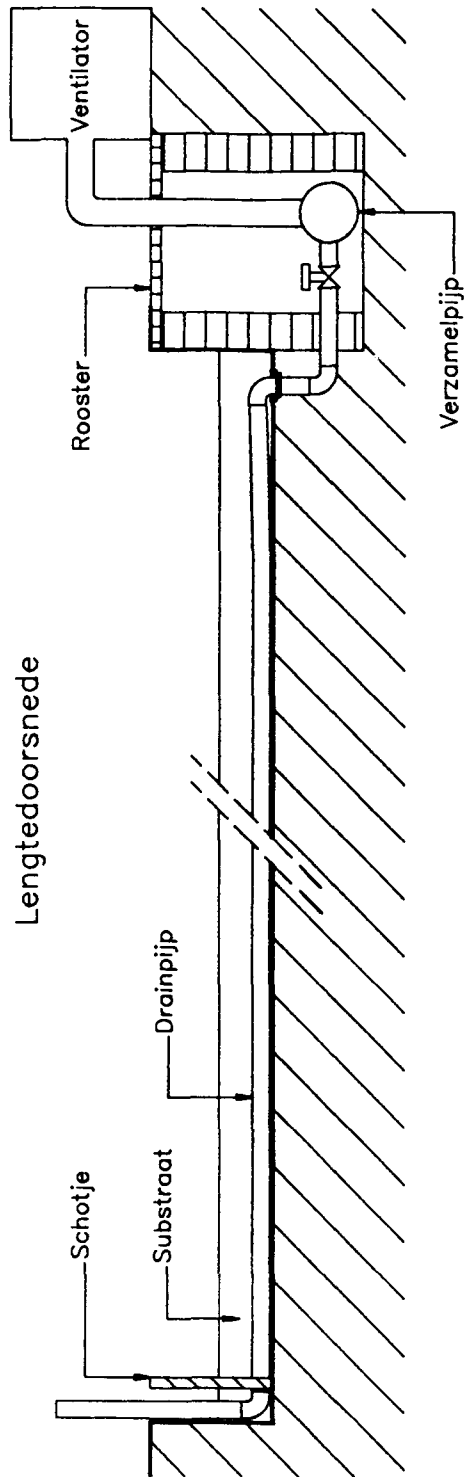
Proefstation voor de Tuinbouw onder Glas (PTG - Naaldwijk) 01740/36700		Proefstation voor de Bloemisterij in Nederland (PBN - Aalsmeer) 02977/52525		Project: 7401 Ontwikkeling en toetsing van gesloten bedrijfssystemen		Datum: 21/12/92		Schaal: 1:100	
Project: stoomproef		Lokatie: Kas 211.7		Datum: 21/12/92		A3		Nf.: st-3-a31	
Plattegrond kas 211.7		Getekend: D.L. Bruynzeel							

Bijlage 15 Inrichting bedden

Dwarsdoorsede



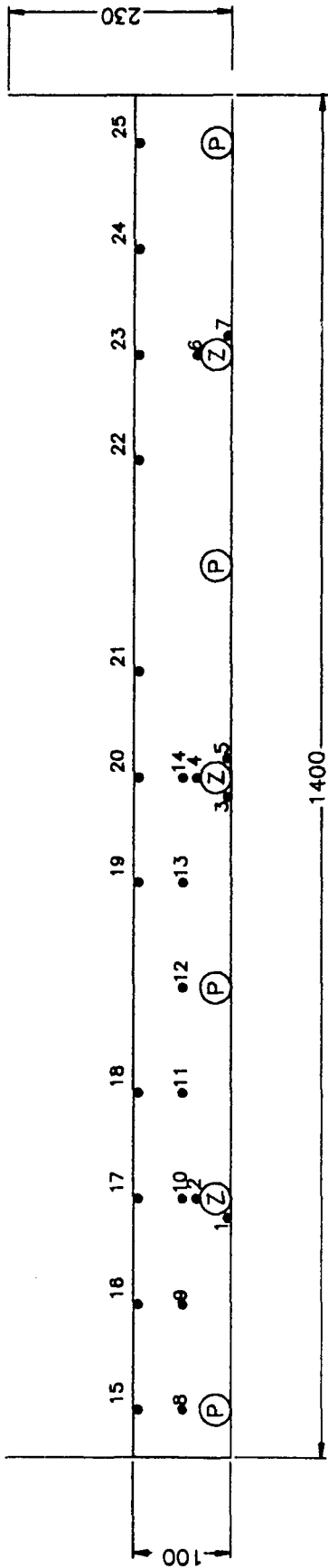
Lengtedoorsnede



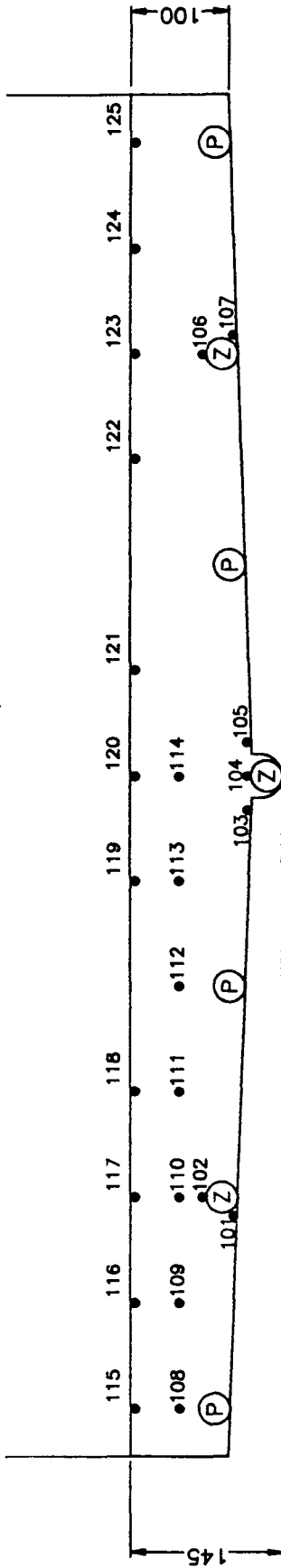
Proefstation voor de Tuinbouw onder Glas			(PTG - Naaldwijk)	01740/36700
Project: 7401 Ontwikkeling en toetsing van gesloten bedrijfssystemen			Schaal: 1:10	
Project:	stoomproef	Lokatie: Kas 211.7	Datum: 24-12-92	A3
Doorsnede van de bedden		Getekend: D.L. Bruynzeel		Nr.: st-2-a31

Bijlage 16 Meetpuntverdeling

Doorsnede vlak bed



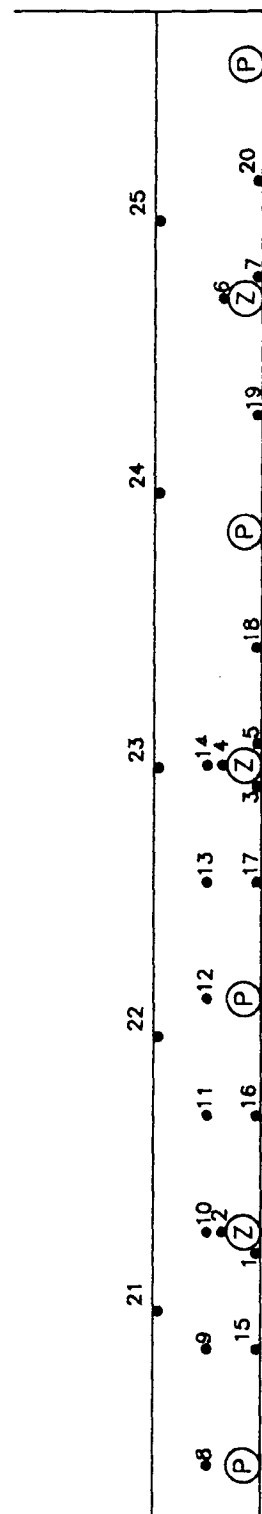
Doorsnede aflopend bed



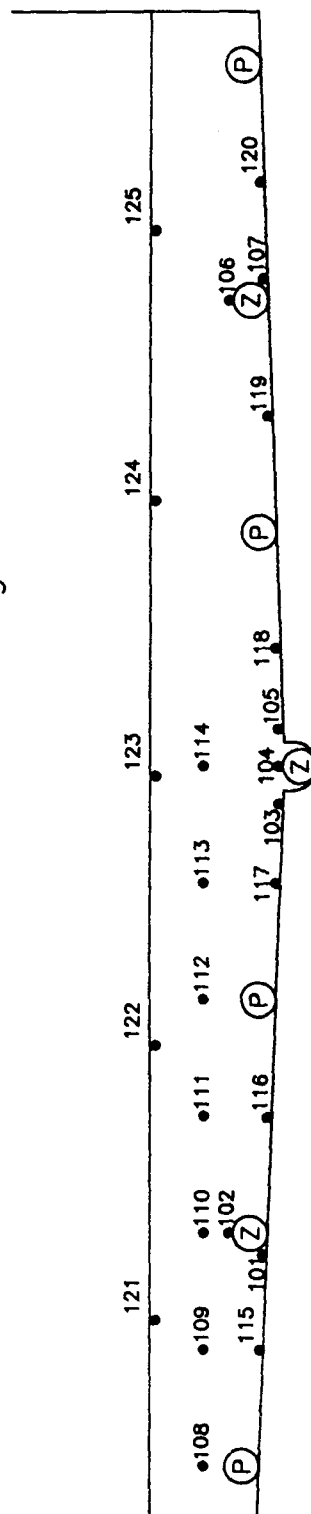
Proefstation voor de Tuinbouw onder Glas (PTG - Naaldwijk) 01740/36700		Proefstation voor de Bloemisterij in Nederland (PBN - Aalsmeer) 02977/52525	
Project: 7401 Ontwikkeling en toetsing van gesloten bedrijfssystemen		Schaal: 1:5	
Project: stoomproef		Datum: 22-10-92	
Verdeling meetpunten in het bed.		Getekend: D.L. Bruynzeel	
		Nr.: 61-6-a31	

Bijlage 17 Nieuwe mp.verdeling

Doorsnede vlak bed



Doorsnede V-vormig bed

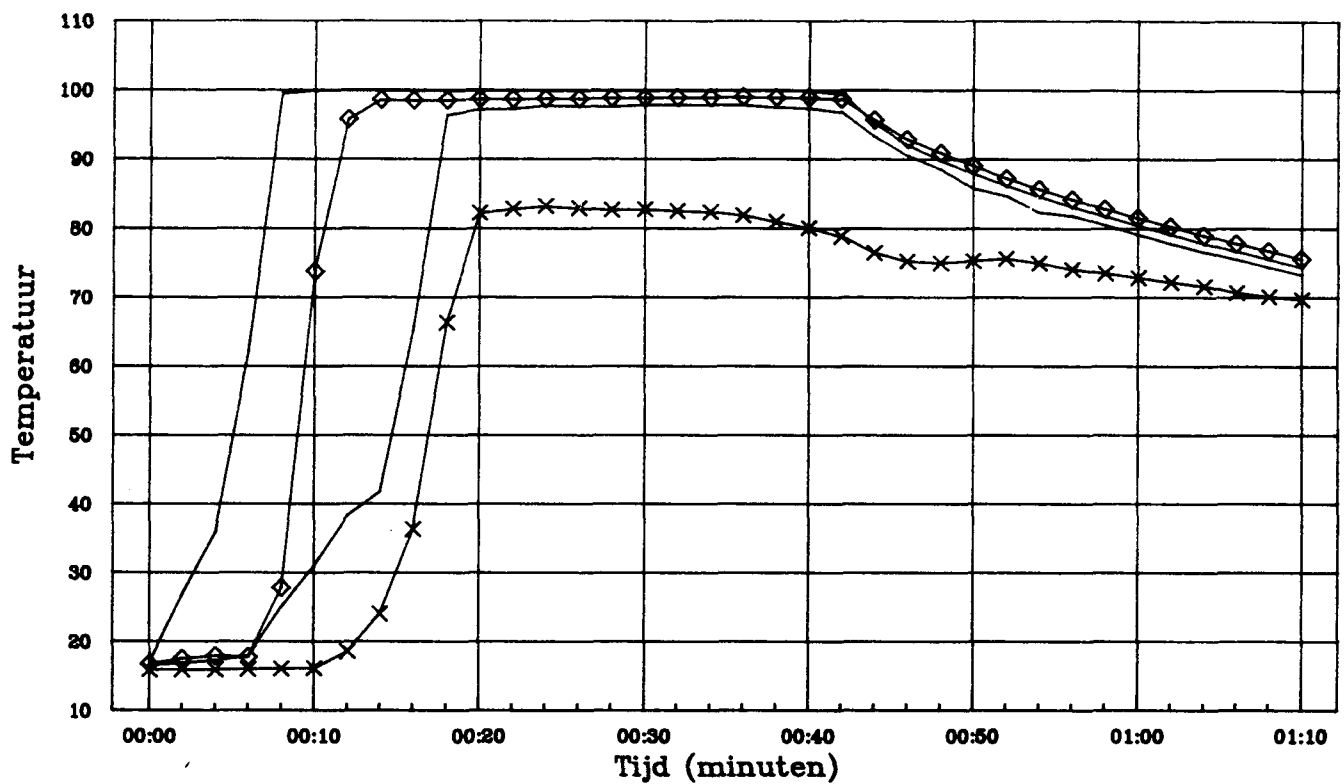


Proefstation voor de Tuinbouw onder Glas (PTG - Naaldwijk) 01740/36700		
Proefstation voor de Bloemisterij in Nederland (PBN - Aalsmeer) 02977/52525		
Project: 7401 Ontwikkeling en toetsing van gesloten bedrijfssystemen	Schaal: 1:5	
Project: stoomproef	Lokatie: Kas 211.7	Datum: 24-12-92
Vernieuwde meetpuntverdeling	Getekend: D.L. Bruynzeel	Nr.: 7-a31

Bijlage 18 Temp. grafieken

Stoomproef 1

Gemiddelde meetwaarden

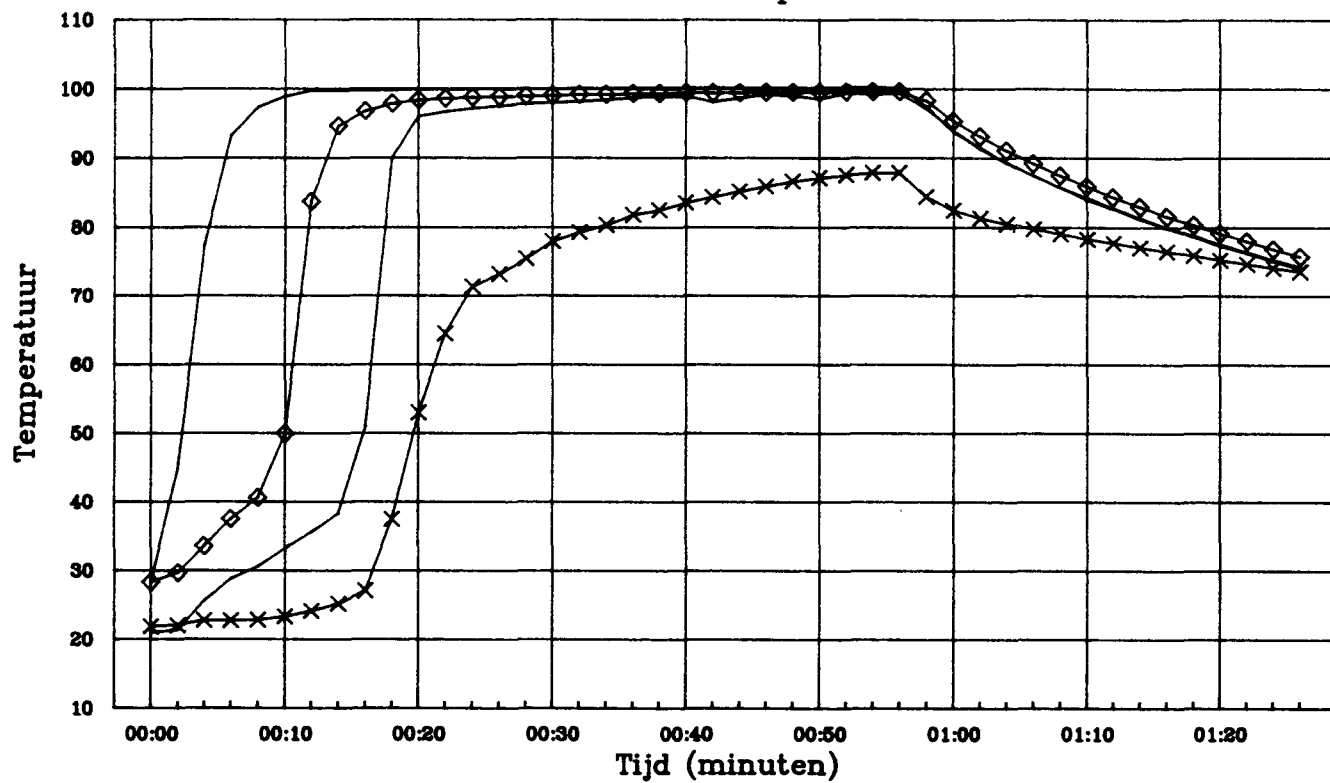


— Rij 1 —◇— Rij 2 — Rij 3 —×— Rij 4

Ketel uit na 40 minuten

Stoomproef 2

Gemiddelde temperaturen

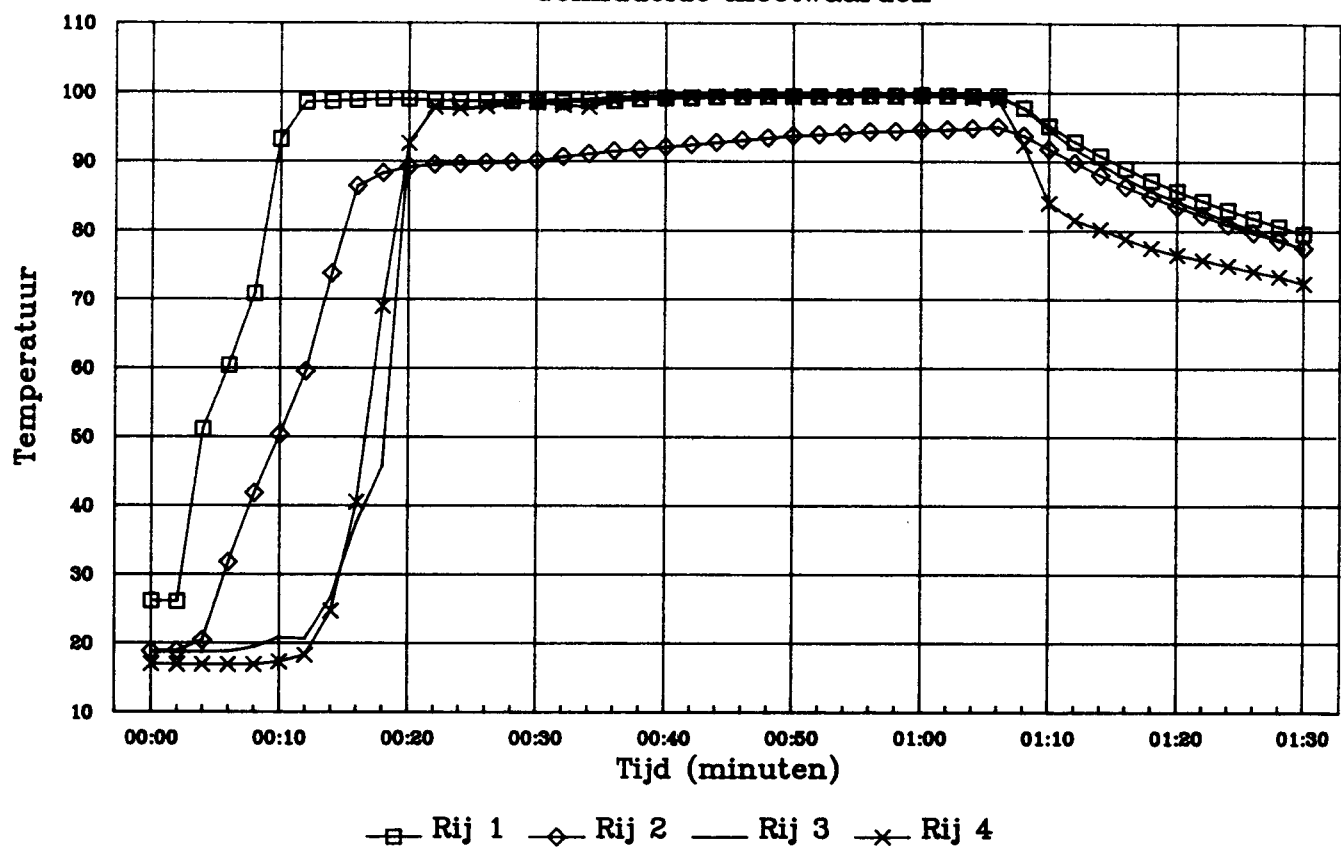


— Meetrij 1 —◇— Meetrij 2 — Meetrij 3 —×— Meetrij 4

Ketel uit na 57 minuten.

Stoomproef 3

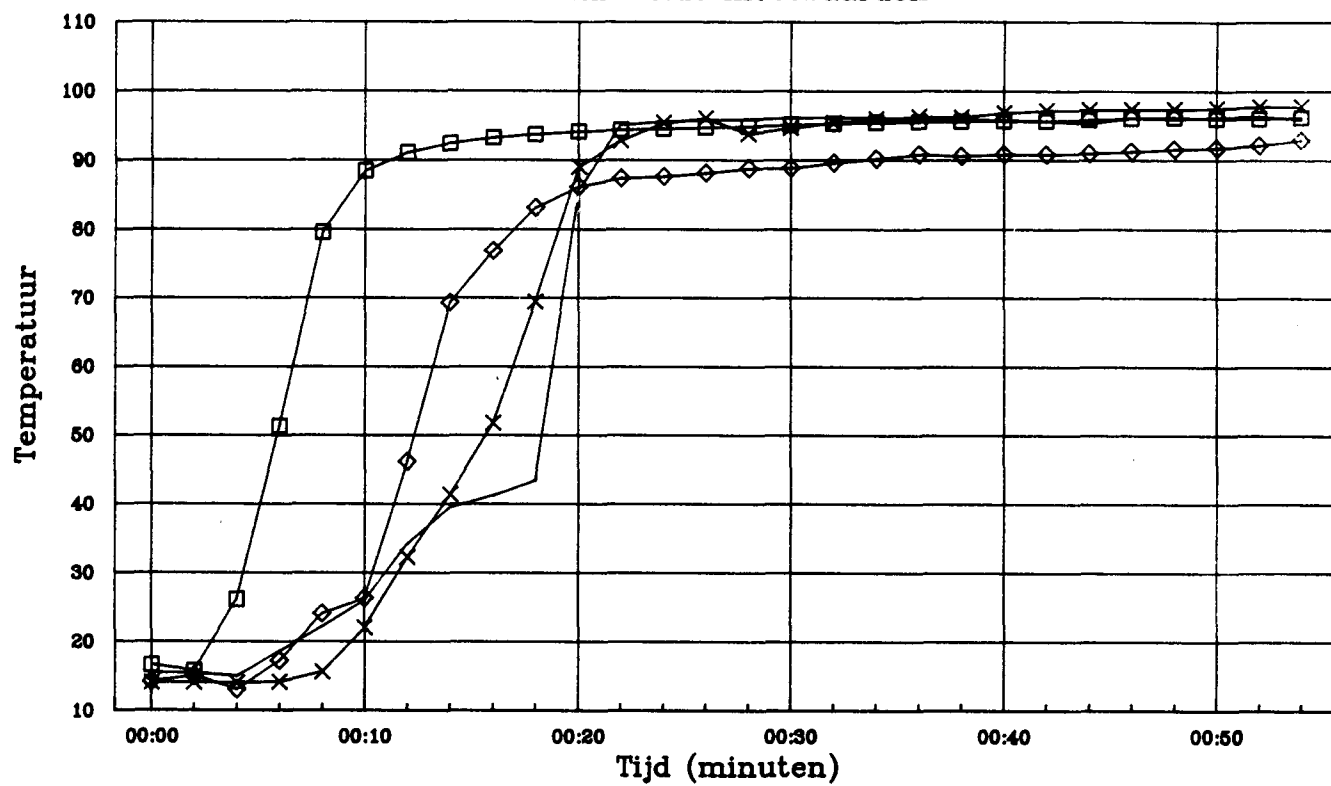
Gemiddelde meetwaarden



Ketel uit na 01:02 uur

Stoomproef 4

Gemiddelde meetwaarden

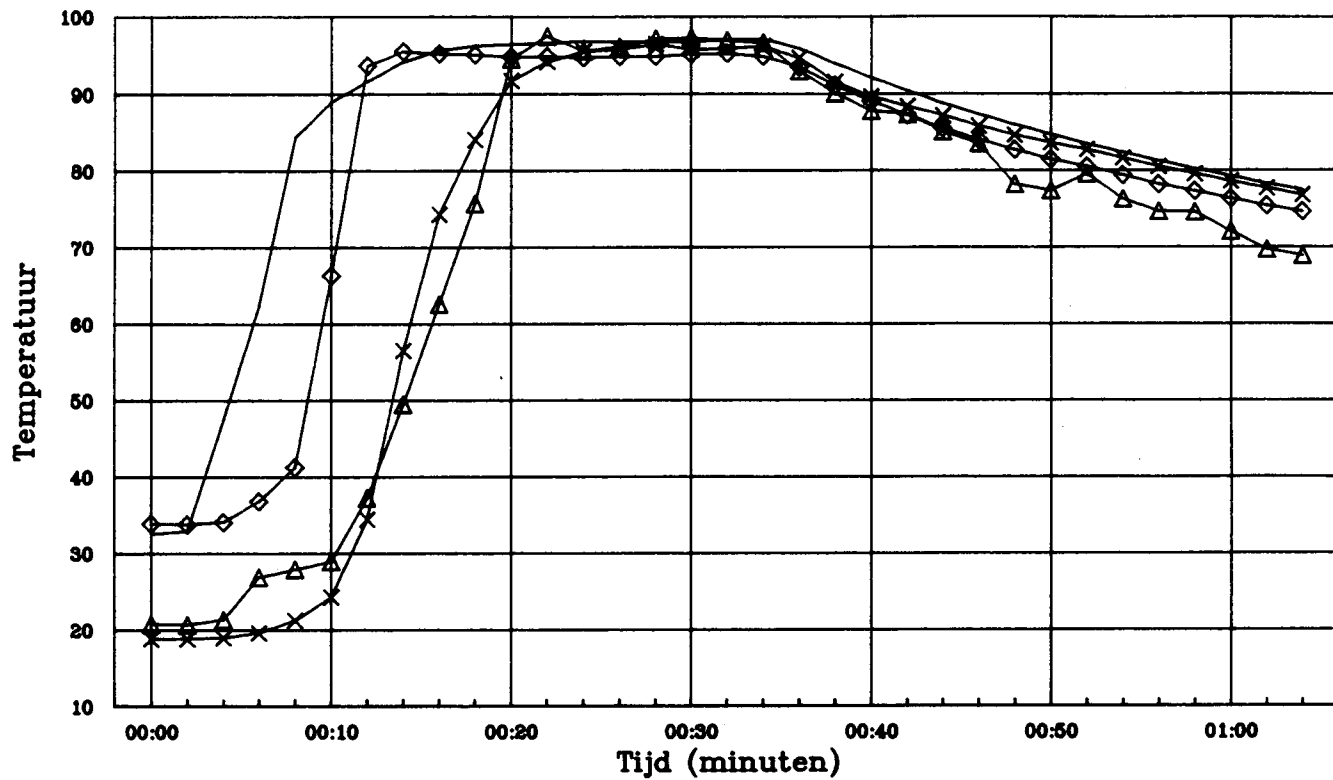


—□— Rij 1 —◇— Rij 2 — Rij 3 —×— Rij 4

Ketel uit na 01:00 uur

Stoomproef 5

Gemiddelde meetwaarden

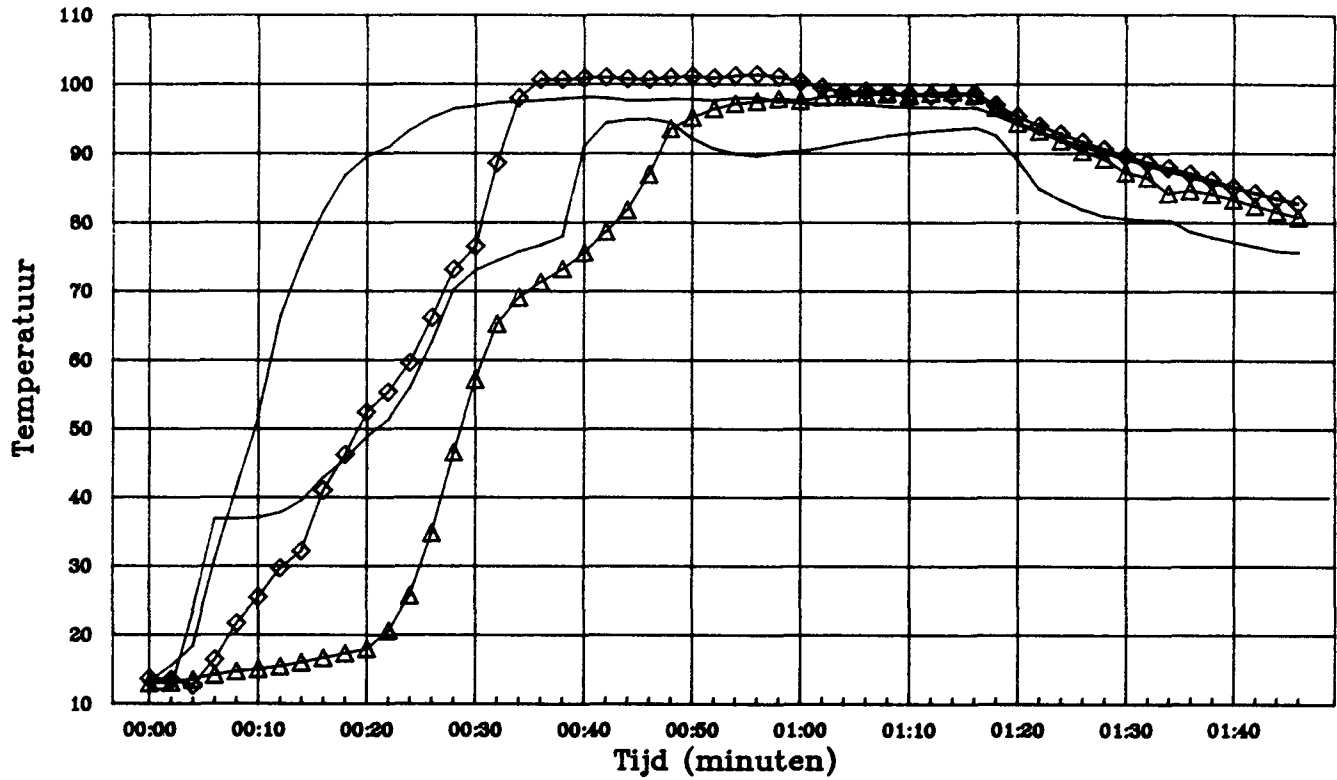


— Gem. rij 1 —◇— Gem. rij 2 —△— Gem. rij 3 —×— Gem. rij 4

Ketel uit na 34 minuten

Stoomproef 6

Gemiddelde meetwaarden

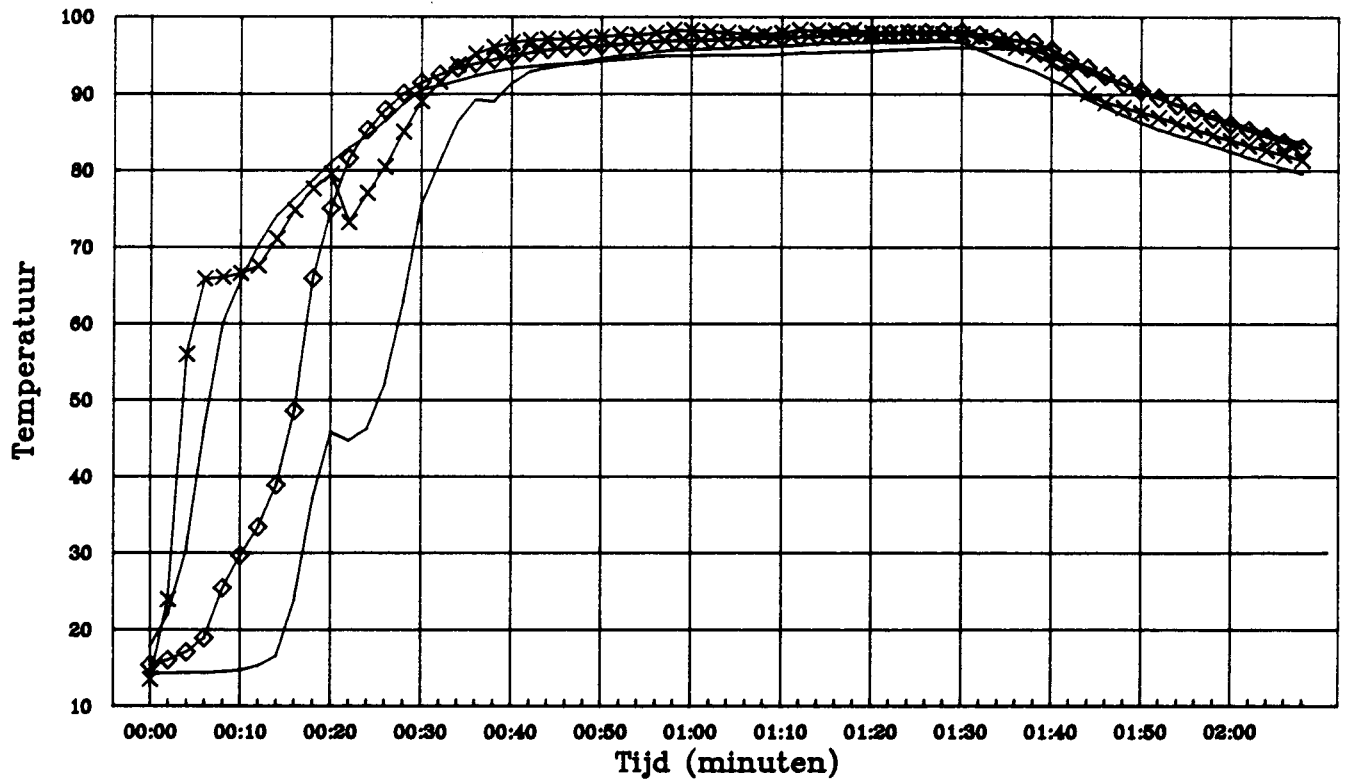


— Rij 1 ◊ Rij 2 ▲ Rij 3 — Rij 4

Ketel uit na 01:14 minuten

Stoomproef 7

Gemiddelde meetwaarden

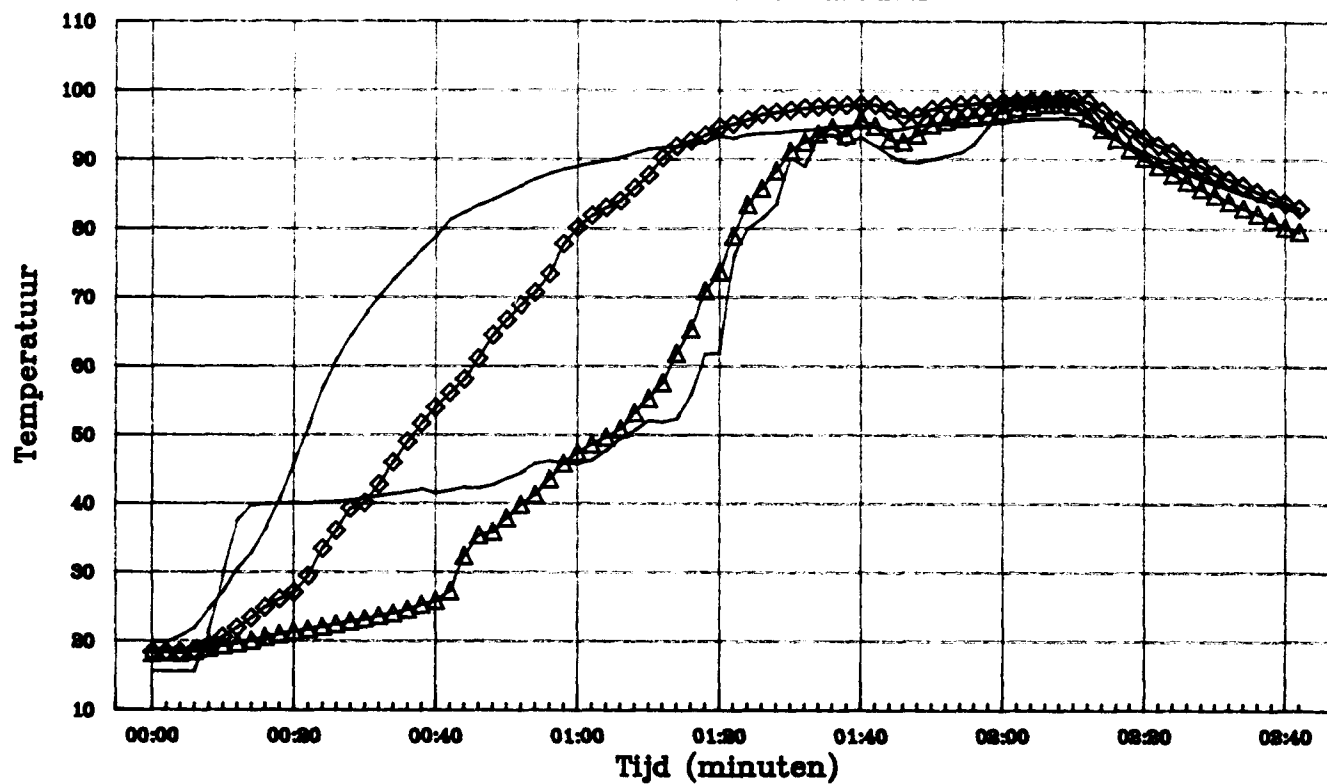


— Rij 1 ◇ Rij 2 — Rij 3 × Rij 4

Ketel uit na 01:38 minuten

Stoomproef 8

Gemiddelde meetwaarden

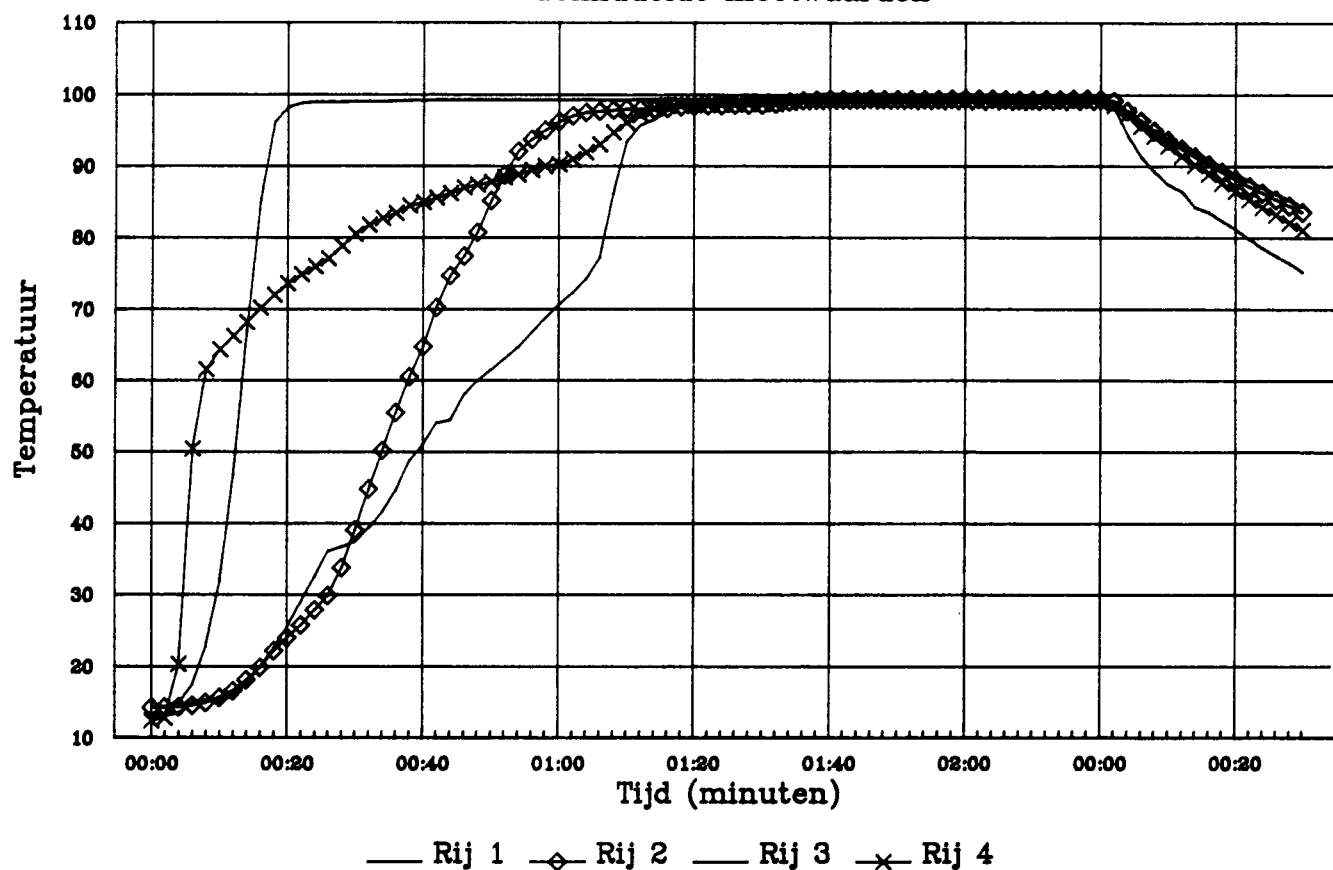


— Rij 1 —◇— Rij 2 —△— Rij 3 — — Rij 4

Ketel uit na 02:06 minuten

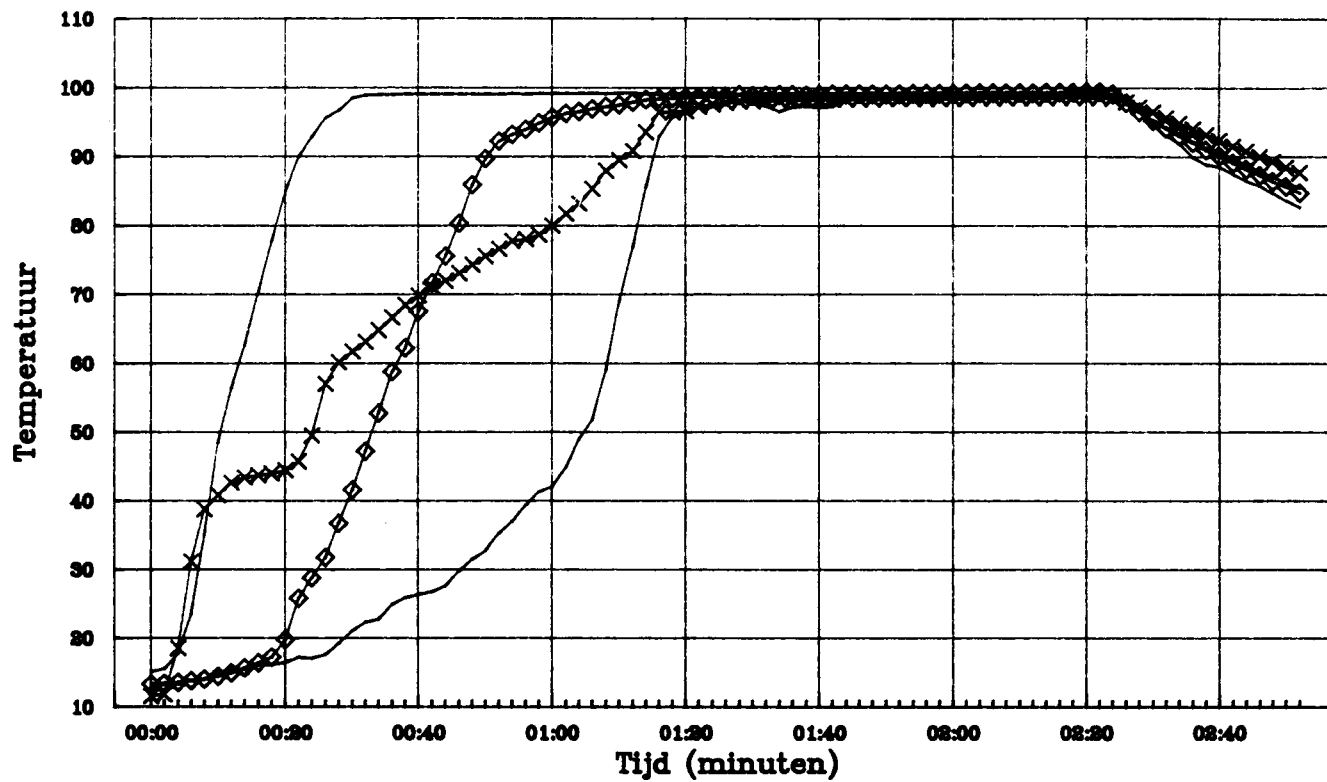
Stroomproef 9

Gemiddelde meetwaarden



Stoomproef 10

Gemiddelde meetwaarden



— Meetrij 1 —◇— Meetrij 2 —+— Meetrij 3 —x— Meetrij 4

Ketel uit na 2:22

Bijlage 19 Puntentoekening

V-vormige of vlakke bodem

Vlak	Schuin	Bijzonderheden over de proef
2	5	Klei / zonder drainlaag / 4 st, 3 afz Onderin het bed
3	4	
1	6	
3,5	3,5	Klei / zonder drainlaag / 4 st, 3 afz Middenin het bed
3	4	
5,5	1,5	
2	5	Klei / zonder drainlaag / 2 st, 1 afz Onderin het bed
2	5	
1	6	
0	7	Klei / zonder drainlaag / 2 st, 1 afz Middenin het bed
4,5	2,5	
4,5	2,5	
1	4	Klei / met drainlaag / 2 st, 1 afz Onderin het bed (afwijkende st.drains)
1	4	
2	3	
0	5	Klei / met drainlaag / 4 st, 3 afz Onderin het bed
1	4	
1	4	
1	4	Klei / met drainlaag / 2 st, 1 afz Onderin het bed
2	3	
3	2	
4	9	Zand / zonder drainlaag / 2 st, 3 afz Onderin het bed
10	3	
11	2	
0	7	Zand / zonder drainlaag / 2 st, 3 afz Middenin het bed
5	2	
7	0	
2	3	Zand / zonder drainlaag / 2 st, 3 afz Bovenin het bed
4	1	
4	1	
3,5	9,5	Zand / zonder drainlaag / 4 st, 3 afz Onderin het bed
4	9	
3	10	
2	5	Zand / zonder drainlaag / 4 st, 3 afz Middenin het bed
3	4	
4	3	
3	2	Zand / zonder drainlaag / 4 st, 3 afz Bovenin het bed
2	3	

1	5	
3	10	Zand / zonder drainlaag / 2 st, 1 afz
4	9	Onderin het bed
5	8	
0	7	Zand / zonder drainlaag / 2 st, 1 afz
4	3	Middenin het bed
4,5	2,5	
0	5	Zand / zonder drainlaag / 2 st, 1 afz
2	3	Bovenin het bed
3	2	
7	6	Zand / met drainlaag / 4 st, 3 afz
11,5	1,5	Onderin het bed
7	6	
1	6	Zand / met drainlaag / 4 st, 3 afz
7	0	Middenin het bed
7	0	
3	2	Zand / met drainlaag / 4 st, 3 afz
4	1	Bovenin het bed
3	2	
4,5	8,5	Zand / met drainlaag / 2 st, 1 afz
10	3	Onderin het bed
3	10	
0	7	Zand / met drainlaag / 2 st, 1 afz
6,5	0,5	Middenin het bed
3	4	
2	3	Zand / met drainlaag / 2 st, 1 afz
2,5	2,5	Bovenin het bed
1	4	

Aantal gebruikte drains

4 - 3	2 - 1	Bijzonderheden over de proef
2	5	Klei / zonder drainlaag / rechte bodem
7	0	Onderin het bed
7	0	
2	4	Klei / zonder drainlaag / rechte bodem
5,5	0,5	Middenin het bed
5,5	0,5	
2	5	Klei / zonder drainlaag / schuine bodem
7	0	Onderin het bed
7	0	
1	5	Klei / zonder drainlaag / schuine bodem
6	0	Middenin het bed
5	1	

1,5	3,5	Klei / met drainlaag / rechte bodem
0,5	4,5	Onderin het bed
0,5	4,5	
3,5	1,5	Klei / met drainlaag / schuine bodem
0	5	Onderin het bed
0,5	4,5	
10,5	2,5	Zand / zonder drainlaag / rechte bodem
13	0	Onderin het bed
12,5	0,5	
6,5	0,5	Zand / zonder drainlaag / rechte bodem
7	0	Middenin het bed
7	0	
5	0	Zand / zonder drainlaag / rechte bodem
5	0	Bovenin het bed
4	1	
7,5	5,5	Zand / zonder drainlaag / schuine bodem
12	1	Onderin het bed
12	1	
7	0	Zand / zonder drainlaag / schuine bodem
7	0	Middenin het bed
6,5	0,5	
5	0	Zand / zonder drainlaag / schuine bodem
5	0	Bovenin het bed
5	0	
7	6	Zand / met drainlaag / rechte bodem
8,5	4,5	Onderin het bed
9,5	3,5	
4	3	Zand / met drainlaag / rechte bodem
5,5	1,5	Middenin het bed
5	2	
1	4	Zand / met drainlaag / rechte bodem
1,5	3,5	Bovenin het bed
5	0	
6	7	Zand / met drainlaag / schuine bodem
5,5	7,5	Onderin het bed
11	2	
2	5	Zand / met drainlaag / schuine bodem
1	6	Middenin het bed
3,5	3,5	
1	4	Zand / met drainlaag / schuine bodem
0	5	Bovenin het bed
5	1	

Bed met of zonder drainlaag

met	zonder	Bijzonderheden over de proef
0	5	Klei / rechte bodem / 4 st, 3 afz
0,5	4,5	Onderin het bed
5	0	
4,5	0,5	Klei / schuine bodem / 4 st, 3 afz
1	4	Onderin het bed
1	4	
1	3	Klei / rechte bodem / 2 st, 1 afz
4	0	Onderin het bed
5	0	
2	3	Klei / schuine bodem / 2 st, 1 afz
5	0	Onderin het bed
3,5	1,5	
13	0	Zand / rechte bodem / 4 st, 3 afz
10	3	Onderin het bed
6,5	6,5	
4	3	Zand / rechte bodem / 4 st, 3 afz
0	7	Middenin het bed
1,5	5,5	
0	5	Zand / rechte bodem / 4 st, 3 afz
0	5	Bovenin het bed
2	3	
9	4	Zand / schuine bodem / 4 st, 3 afz
3	10	Onderin het bed
3	10	
0	7	Zand / schuine bodem / 4 st, 3 afz
0	7	Middenin het bed
0	7	
0	5	Zand / schuine bodem / 4 st, 3 afz
0	5	Bovenin het bed
2	3	
13	0	Zand / rechte bodem / 2 st, 1 afz
12	1	Onderin het bed
13	0	
6,5	0,5	Zand / rechte bodem / 2 st, 1 afz
6	1	Middenin het bed
7	0	
4,5	0,5	Zand / rechte bodem / 2 st, 1 afz
2,5	2,5	Bovenin het bed
2	3	

13	0	Zand / schuine bodem / 2 st, 1 afz
8	5	Onderin het bed
13	0	
7	0	Zand / schuine bodem / 2 st, 1 afz
6	1	Middenin het bed
6	1	
3	2	Zand / schuine bodem / 2 st, 1 afz
4	1	Bovenin het bed
2	3	

Kleibed of zandbed

klei	zand	Bijzonderheden over de proef
7	0	Rechte bodem/4 st, 3 afz/geen drainlaag
5,5	1,5	Onderin het bed
7	0	
5	2	Rechte bodem/4 st, 3 afz/geen drainlaag
5,5	1,5	Middenin het bed
7	0	
7	0	Schuine bodem/4 st, 3 afz/geen drainlaag
7	0	Onderin het bed
7	0	
4,5	2,5	Schuine bodem/4 st, 3 afz/geen drainlaag
6	1	Middenin het bed
7	0	
14	0	Rechte bodem/2 st, 1 afz/geen drainlaag
14	0	Onderin + middenin het bed
14	0	
14	0	Schuine bodem/2 st, 1 afz/geen drainlaag
14	0	Onderin + middenin het bed
14	0	
14	0	Rechte bodem/ 4 st, 3afz / met drainlaag
14	0	Onderin + middenin het bed
14	0	
14	0	Schuine bodem/4 st, 3 afz/met drainlaag
14	0	Onderin + middenin het bed
14	0	
4	1	Rechte bodem/ 2 st, 1 afz/ met drainlaag
5	0	Onderin + middenin het bed
5	0	
5	0	Schuine bodem/2 st, 1 afz/met drainlaag
5	0	Onderin + middenin het bed
5	0	

Bijlage 20 S.w. kleikorrels

Bepaling van de soortelijke warmte van gebakken kleikorrels.

doel van subproef: Bepalen van de s.w. van de kleikorrels,
welke als substraat gebruikt worden in de
proefbedden van de stoomproeven.

benodigdheden: thermoskan
demi-water
kleikorrels
digitale thermometer
isolerende dop om de kan af te dichten
weegschaal
kookplaatje

te bepalen: omgevingstemp.
begintemp. van het water
eindtemp. van het water
gewicht thermoskan + dop
gewicht van het toe te dienen substraat
gewicht van het gebruikte water
soortelijke massa water (afhankelijk van de temp.)

formule: $\Delta Q = m * c * \Delta T$

definitie: de soortelijke warmte is de hoeveelheid warmte die
een stof per massa-eenheid en per graad tempera-
tuursverhoging opneemt

Praktische uitvoer van de proef:

- Bepaal de massa van de lege thermoskan + dop (m_{th})
- Bepaal de massa van het te gebruiken substraat (m_{sub})
- Bepaal de omgevingstemperatuur (T₀)
- Vul de thermoskan met warm water
- Sluit de kan af en bepaal de temp. in de kan (T₁)
- Breng het substraat in het water in de thermoskan
- Bepaal de temp. zodra de thermometer een constante waarde aanneemt (T₂)
- Weeg de thermoskan (met daarin water en substraat) (m_{tot})

NB We beginnen alle proeven met een watertemp. van 81,5°C.

Theoretische uitvoer van de proef:

$$m_w = m_{\text{tot}} - m_{\text{th}} - m_{\text{sub}}$$

$$\Delta Q_w = m_w * c_w * (T_2 - T_1)$$

$$\Delta Q_w + \Delta Q_{\text{sub}} = 0 \quad (\text{gesloten systeem})$$

$$\Delta Q_{\text{sub}} = m_{\text{sub}} * c_{\text{sub}} * (T_2 - T_0)$$

$$c_{\text{sub}} = \Delta Q_{\text{sub}} / (m_{\text{sub}} * (T_2 - T_0)) \quad [\text{J}/(\text{kg} * ^\circ\text{C})]$$

Herhaal de proef enkele malen voor een nauwkeuriger waarde!

Ook wordt de proef op dezelfde wijze uitgevoerd, alleen op het moment dat de kleikorrels in de thermoskan gegooid moeten worden, wordt wel de kan geopend, maar worden er geen korrels ingegooid. Dit wordt gedaan om te bepalen hoeveel energie er verloren gaat door het openhouden van de thermoskan tijdens het vullen ervan. Voor het vullen van de thermoskan hebben we een tijd gesteld van 22 sec. Zo lang wordt de kan dus opengehouden.

Gemiddelde meetwaarden:

t (min)	T _x	T _y	T _x -T _y	**	***
0	81,50	81,50	0,00	0,00	81,50
0,5	81,27	77,70	3,57	0,23	77,93
1	81,20	77,63	3,57	0,30	77,93
2	81,17	77,50	3,67	0,33	77,83
3	81,07	77,36	3,71	0,43	77,79
5	80,97	77,30	3,67	0,53	77,83
10	80,70	77,03	3,67	0,80	77,83
15	80,43	76,80	3,63	1,07	77,87
20	80,17	76,57	3,60	1,33	77,90

** (81,5 °C - T_x) (Temp. verlaging a.g.v. openen van de thermoskan om te vullen met kleikorrels)

*** Temperatuurverloop als bovengenoemde verliezen uitgesloten zouden kunnen worden

T_x 650 gr. demi-water/ 22 sec. open/ niets toegevoegd/
omgevingstemp. 21,5°C

T_y 650 gr. demi-water/ 22 sec. open/ 250 gr. kleikorrels
toegevoegd/ buitentemp. 21,5°C

$$\Delta T_w = 77,86 - 81,5 = -3,64 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{\text{sub}} = 77,86 - 21,5 = 56,36 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$c_w = 4197,6 \text{ J/(kg} \cdot ^\circ\text{C)} \quad (\text{bij een temp. van } 81,5^\circ\text{C})$$

$$\Delta Q_w = m_w * c_w * \Delta T_w$$

$$\Delta Q_w = 0,650 * 4197,6 * -3,64$$

$$\Delta Q_w = -9931,5 \text{ J}$$

$$\Delta Q_w + \Delta Q_{\text{sub}} = 0 \Rightarrow \Delta Q_{\text{sub}} = +9931,5 \text{ J}$$

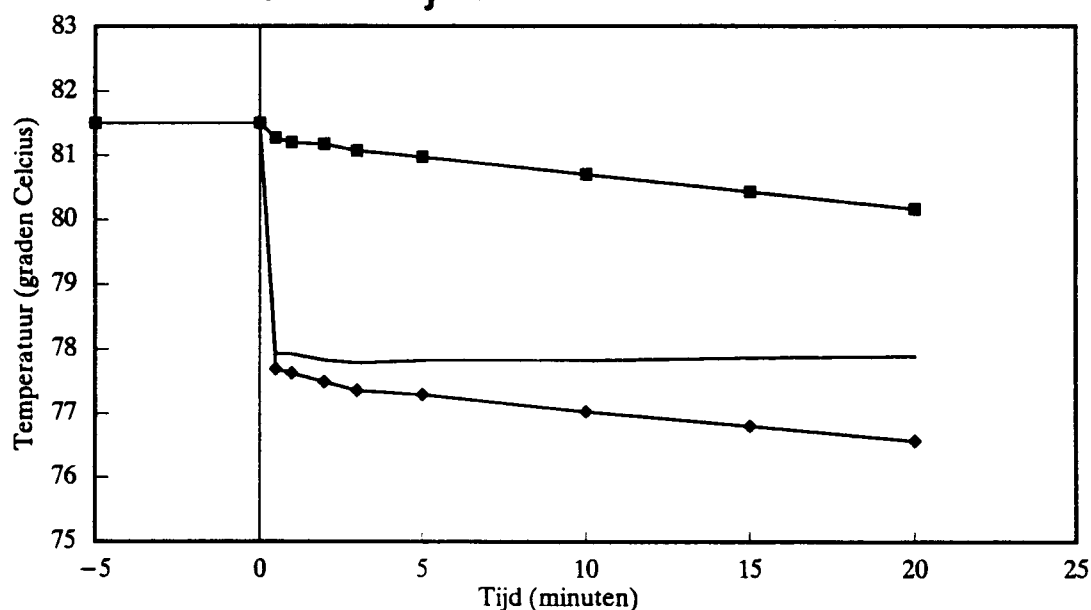
$$\Delta Q_{\text{sub}} = m_{\text{sub}} * c_{\text{sub}} * \Delta T_{\text{sub}}$$

$$9931,5 = 0,250 * c_{\text{sub}} * 56,36$$

$$c_{\text{sub}} \approx 704 \text{ J/(kg} \cdot ^\circ\text{C)}$$

Als we de meetwaarden in een grafiek weergeven, valt af te lezen dat er na ongeveer 4 minuten een rechte lijn ontstaat. Dit houdt in dat op dat moment de kleikorrels geen energie meer opnemen en dus tot binnenin zijn opgewarmd. Deze rechte lijn zou het temperatuurverloop in de thermoskan zijn als deze tijdens de proef 100% geïsoleerd zou zijn.

Soortelijke warmte kleikorrels



■ Temp. daling t.g.v. lekkage v.d. thermoskan ♦ Temp. daling t.g.v. kleikorrels en lekkage

— Temp. daling t.g.v. toevoeging v.d. kleikorr

Proef met 650 gram heet water (81,5 gr. C) in een thermoskan, waaraan 250 gram kleikorrels (21,5 gr. C) wordt toegevoegd, om zo het warmteverlies van het water, en dus de warmteopname van de kleikorr